

# GNX Earswet

## The Blue Book of GNX Earswet

설명서 · 매뉴얼 · 참고서

### Enterprise Operation Manual & Technical Reference Blue Book

대상 독자: 구현 엔지니어, 운영자, 보안 담당자, 제품 관리자, 파트너 기술팀

본 문서는 특허출원 명세서와 도면을 근거로 작성된 기업 검토용 전문 문서이며, 독립된 법률의견서 또는 의료기기 인허가 판정서가 아닙니다.

문서명	The Blue Book of GNX Earswet
문서 성격	Enterprise Operation Manual & Technical Reference Blue Book
버전	v1.0
작성 기준일	2026-05-27
공개 등급	라이선싱 및 검증 목적의 제한 공개 / 사전 NDA 권장

## 문서 통제 및 사용 조건

구분	내용	책임/대상	비고
근거 문서	특허출원 명세서 및 도면 1-12	GNX/운영팀	도면부호 100-1400 기준
문서 목적	작동 원리, 운영 방식, API/BLE 응답, 장애 대응 설명	구현/운영/보안	공식 운용 참고서
운영 원칙	후보값 존재와 외부 접근권한 분리	전 구성원	값 공개 전 출력 적격성 판정
변경관리	정책, SDK, BLE, API, Evidence 변경 시 회귀검증	제품/QA	Fail-closed 우선

**요약문:** 본 문서는 외부 라이선싱, 기술검증, 내부 운영, 보안검토를 위해 작성된 통제 문서이다. 최종 계약, 인증, 인허가, 특허 청구범위 해석은 별도 전문가 검토와 실제 증빙 자료에 의해 확정되어야 한다.

# 목차

1. 개요 및 사용 범위
  2. 핵심 용어와 상태 모델
  3. 전체 아키텍처와 도면 정합
  4. Biofluid Sensor Adapter 운용
  5. Sweat Quality Frame 운용
  6. Device Event Frame 운용
  7. 외란 상태값과 상태 산출
  8. Marker Policy Package 운용
  9. 출력 제어부와 출력 모드
  10. Evidence Packet 과 감사
  11. API/BLE 응답 스키마
  12. 운영, 모니터링, 장애 대응
  13. 검증 시나리오와 수락 기준
  14. 부록: 예시 스키마와 운영 표준
- 부록 A. 예시 JSON
- 부록 B. 운영 점검표

# 운영 개요

GNX Earswet은 센서가 값을 만들면 곧바로 표시하는 장치가 아니다. 시스템은 후보값을 수신한 뒤 센서 어댑터, 발한 품질 프레임, 장치 이벤트 프레임, 외란 상태값, 마커 정책 패키지, 출력 제어부, Evidence Packet, API/BLE 응답 스키마를 순서 또는 병렬로 거쳐 실제값 제공 여부를 결정한다. 이 청서는 도 1 내지 도 12의 구조를 운영 언어로 풀어 설명한다.

운영자는 이 문서를 이용해 신규 OEM 센서 통합, 신규 marker 정책 추가, SDK/API 응답 구현, BLE characteristic 설계, Evidence Packet 검증, 장애 대응, 보안 점검, 라이선시 기술지원의 기준을 세울 수 있다. 본 문서의 모든 장은 요약문으로 끝나며, 실무자는 장별 요약문만 읽어도 해당 기능의 운영 원칙을 확인할 수 있다.

**요약문:** 청서는 시스템을 어떻게 설명하고 운용할 것인지의 기준서이다. 모든 운용 절차는 “실제값 제공 전 출력 적격성 판정”이라는 시간적 관계를 유지해야 한다.

## 1. 개요 및 사용 범위

### 1.1 청서의 역할

The Blue Book of GNX Earswet은 GNX Earswet의 작동 원리, 구성요소, 데이터 흐름, 정책 처리, API/BLE 응답, Evidence Packet 생성, 운영 및 장애 대응을 설명하는 공식 설명서·매뉴얼·참고서이다. 백서가 검증과 라이선싱을 위한 외부 설득 문서라면, 청서는 구현자, 운영자, 보안 담당자, 제품 관리자, 파트너 엔지니어가 같은 절차로 시스템을 이해하고 운용하기 위한 기준 문서이다.

### 1.2 시스템 범위

GNX Earswet은 귀접촉 장치(100), 생체유체 센서부(200), Biofluid Sensor Adapter(300), 발한 품질 산출부(400), 장치 이벤트 취득부(500), 상태 산출부(600), 마커 정책 처리부(700), 출력 제어부(800), Evidence Packet 생성부(900), 출력 전 제어 시스템(1000), 모바일/SDK/BLE/API 출력부(1000a), 저장부(1100), 외부 API 소비자(1200), OEM 센서 제조사 시스템(1300), 정책 패키지 저장소(1400)를 포함하는 논리 구조로 설명된다.

### 1.3 운영 철학

운영 철학은 “측정된 값은 곧 공개 가능한 값이 아니다”라는 원칙에서 시작한다. candidate\_value가 내부에 존재하더라도 발한 품질, 장치 이벤트, 보정 상태, 정책 무결성, 응답 스키마가 부적격하면 raw\_value\_access는 false가 될 수 있다. 이때 시스템은 실제값 대신 non-value response, request remeasurement, trend-only, warning 또는 raw access blocked를 제공한다.

**요약문:** 청서는 GNX Earswet을 구현하고 운용하기 위한 공식 기준서이다. 핵심 원칙은 후보값 존재와 외부 공개 권한을 분리하고, 실제값 제공 전에 출력 적격성을 반드시 판정하는 것이다.

## 2. 핵심 용어와 상태 모델

### 2.1 후보값과 실제값

바이오마커 후보값은 코티졸, 요산, 젖산, 포도당, 나트륨, 염화물, 칼륨, pH, 알코올 또는 약물 관련 지표의 원시값, 보정값, 추정값, trend 값 또는 상태값일 수 있다. 후보값은 출력 적격성 제어의 입력값이지 확정 진단값이 아니다. 실제값은 외부 API 소비자 또는 사용자에게 생체 수치로 해석될 수 있는 값이며, 출력 제어부의 허용 없이는 제공되지 않아야 한다.

## 2.2 candidate\_value\_presence

candidate\_value\_presence 는 후보값이 내부적으로 생성되었거나 OEM 센서로부터 수신되었음을 나타내는 상태이다. 이 값이 true 라는 것은 내부 처리 대상으로서 후보값이 있다는 의미일 뿐이며, 외부 계층에서 해당 값을 사용할 수 있다는 의미가 아니다. 이 필드는 Evidence Packet 에 포함되어 출력 차단 시에도 시스템이 값을 무조건 삭제한 것이 아니라 출력 적격성에 따라 접근을 제한했음을 설명한다.

## 2.3 raw\_value\_access

raw\_value\_access 는 후보값 또는 원시값을 외부 출력 채널에서 생체값으로 접근 또는 사용할 수 있도록 허용하는지 여부를 나타낸다. false 상태에서는 SDK value getter, BLE actual-value characteristic, 서버 API raw endpoint, 외부 API payload 가 실제 생체 수치를 반환하지 않아야 한다. raw\_value\_access=false 는 설명문이 아니라 기계 판독 제어 필드이다.

상태	의미	외부 사용 가능성
candidate_value_presence=true	후보값이 내부에 존재	그 자체로는 사용 불가
raw_value_access=true	외부 출력 채널에서 실제값 접근 허용	정책과 품질 검증 후 가능
raw_value_access=false	실제값 또는 원시값 접근 차단	비값 응답 또는 재측정 우선
output_mode=non_value	생체값으로 해석될 수 있는 값 미제공	상태코드와 evidence_packet_id 제공

**요약문:** 용어 모델의 핵심은 후보값의 내부 존재와 외부 접근권한을 분리하는 데 있다. candidate\_value\_presence 와 raw\_value\_access 를 같은 의미로 처리하면 GNX Earswet 의 핵심 안전성이 사라진다.

# 3. 전체 아키텍처와 도면 정합

## 3.1 도 1 전체 아키텍처

도 1 은 시스템 전체 흐름을 나타낸다. OEM 센서 제조사 시스템(1300)과 생체유체 센서부(200)는 후보값 및 센서 식별 정보를 제공하고, Biofluid Sensor Adapter(300)는 이를 표준화한다. 발한 품질 산출부(400)와 장치 이벤트 취득부(500)는 각각 품질 상태와 외란 입력을 제공한다. 상태 산출부(600)는 외란 상태값을 산출하고, 마커 정책 처리부(700)는 정책 패키지 저장소(1400)를 참조한다. 출력 제어부(800)는 모든 입력을 통합해 출력 모드를 결정하고, Evidence Packet 생성부(900)는 결정 근거를 생성한다. 모바일/SDK/BLE/API 출력부(1000a)는 최종 응답을 구성하고 외부 API 소비자(1200)에게 제공한다.

## 3.2 도 2 귀접촉 구조

도 2 는 안경 템플팁 또는 안경다리 말단부에 결합되는 귀접촉 장치(100)와 피부 접촉면에 배치되는 생체유체 센서부(200)를 보여준다. 센서부는 전극, 효소층, 이온 선택막, MIP 층, reagent layer, optical reaction zone, microfluidic channel 을 포함할 수 있다. 그러나 청서상 핵심은 특정 센서 재료가 아니라, 해당 센서가 만든 후보값이 출력 전 제어 시스템을 통과해야 한다는 점이다.

## 3.3 도 3 내지 도 12 의 기능 연결

도 3 은 OEM 후보값의 정규화, 도 4 는 발한 품질 프레임, 도 5 는 Device Event Frame, 도 6 은 외란 벡터, 도 7 은 출력 제어 상태전이, 도 8 은 Evidence Packet, 도 9 는 API/BLE 응답 스키마, 도 10 은 fail-closed 라우팅, 도 11 은 marker policy package, 도 12 는 방법 단계 S100 내지 S200 을 나타낸다. 운영자는 어느 한 도면만 독립적으로 보지 말고, 도 7 의 출력 결정이 도 8 의 Evidence Packet, 도 9 의 응답 스키마, 도 12 의 단계 흐름과 결합된다는 점을 기준으로 시스템을 이해해야 한다.

**요약문:** 전체 도면은 단일 데이터 경로를 설명한다. 센서값 생성에서 끝나는 구조가 아니라, 정규화, 품질 평가, 이벤트 외란, 정책 판단, 출력 결정, 증거 생성, API 응답까지 이어지는 제어 흐름이다.

## 4. Biofluid Sensor Adapter 운용

### 4.1 입력 필드

Biofluid Sensor Adapter(300)는 OEM 센서 또는 생체유체 센서부로부터 sensor\_id, sensor\_vendor\_id, firmware\_version, calibration\_version, sensor\_quality\_flag, candidate\_value, candidate\_value\_type, marker\_id, unit, sampling\_time, raw\_access\_policy 를 수신한다. 모든 필드는 출력 제어부가 이해할 수 있는 표준 형태로 정규화되어야 하며, 허용되지 않은 단위 변환이나 보정 버전 불일치는 fail-closed 조건이 될 수 있다.

### 4.2 검증 절차

어댑터는 필수 필드 검증, marker\_id 정규화, 단위 정규화, sensor\_vendor\_id 검증, calibration\_version 검증, raw\_access\_policy 검증, quality\_flag 매핑을 수행한다. 예를 들어 sensor\_vendor\_id 가 미검증 상태이면 vendor\_unverified 상태를 생성하고, calibration\_version 이 정책 패키지와 호환되지 않으면 calibration\_incompatible 상태를 출력 제어부에 전달한다.

### 4.3 운영 규칙

운영자는 신규 OEM 센서를 붙일 때 센서 내부 알고리즘을 반드시 공개받을 필요는 없다. 그러나 adapter contract 에 필요한 필드와 품질 플래그의 의미는 계약서와 기술문서로 확정해야 한다. 필드 의미가 불명확하면 출력 제어부는 보수적으로 동작해야 한다. 즉 값이 있어도 실제값 출력이 아니라 제한 출력 또는 비값 응답으로 라우팅한다.

**요약문:** Biofluid Sensor Adapter 는 여러 제조사의 후보값을 공통 정책 엔진으로 보내는 관문이다. 필드 누락, 단위 불일치, 보정 버전 불일치, 미검증 vendor 는 모두 출력 제한의 근거가 된다.

## 5. Sweat Quality Frame 운용

### 5.1 품질 입력

발한 품질 산출부(400)는 발한율, 땀 유량, 샘플 생성 시간, 지연 시간, 피부온도, 주변온도, 습도, microfluidic fill 상태, 접촉 상태, 기포 감지, 누액 감지, old-sweat mixing, 오염 상태, 센서 드리프트, 보정 상태, 시약 또는 효소 수명 정보를 수신한다. 이 정보는 후보값의 크기를 보정하기 위한 참고값일 수도 있지만, GNX Earswet 에서는 출력 가능성을 판단하는 핵심 입력이다.

### 5.2 상태 필드

Sweat Quality Frame 은 sweat\_rate\_state, fill\_state, contamination\_state, calibration\_state, drift\_state, reagent\_age\_state 를 포함한다. 예시 상태는 stable, low\_flow, high\_flow, unstable, insufficient\_sweat, valid, empty, underfilled, overfilled, bubble\_detected, old\_sweat\_mixed, leak\_suspected, clean, suspected, invalid 등으로 표현될 수 있다.

### 5.3 출력 영향

후보값 수치가 정상 범위처럼 보이더라도, fill\_state 가 underfilled 이거나 contamination\_state 가 suspected 이면 출력 제어부는 full value 를 허용하지 않을 수 있다. 발한 품질 프레임은 단순 경고 문구가 아니라 output\_mode 결정에 직접 영향을 주는 구조화된 상태이다. 따라서 운영자는 품질 프레임을 UI 설명문으로 축소해서는 안 된다.

**요약문:** Sweat Quality Frame 은 땀의 양, 흐름, 충전, 오염, 보정, 드리프트를 구조화한다. 값이 정상처럼 보이더라도 품질 상태가 부적격이면 실제값 공개는 제한되어야 한다.

## 6. Device Event Frame 운용

### 6.1 이벤트 수집 대상

장치 이벤트 취득부(500)는 햅틱 모터, BLE 송수신, ADC 샘플링, 배터리 전압, 충전 상태, CPU 부하, MCU 부하, 펌웨어 이벤트, SDK 호출, 애플리케이션 실행, 서버 API 요청, 클라우드 처리, 보안 토큰 갱신, 로그 기록 이벤트를 수집한다. 이 이벤트들은 후보값 그 자체가 아니라 측정 환경과 출력 신뢰도에 영향을 줄 수 있는 외란 입력이다.

### 6.2 프레임 필드

Device Event Frame 은 event\_time, duration, frequency, intensity, load\_weight, event\_source, sampling\_time\_proximity 를 포함한다. sampling\_time\_proximity 는 후보값 샘플링 시각과 이벤트 발생 시각 사이의 시간적 근접도를 나타내며, 샘플 취득 직전, 중, 직후 이벤트가 발생했는지 판단하는 데 사용된다.

### 6.3 이벤트 가중치

event\_weight 는 이벤트 종류, 지속 시간, 전기적 부하, 열 발생 가능성, 기계적 진동 가능성, 샘플링 시각과의 근접도에 따라 결정된다. 햅틱 이벤트는 microfluidic fill 과 접촉 상태에 영향을 줄 수 있고, BLE burst 는 전기화학 측정 또는 ADC 샘플링에 영향을 줄 수 있다. 동일 이벤트라도 marker\_id 에 따라 다른 가중치를 가질 수 있다.

**요약문:** Device Event Frame 은 장치 로그가 아니라 출력 가능성을 바꾸는 독립 외란 입력이다. 특히 sampling\_time\_proximity 와 event\_weight 가 출력 제한 결정에 중요하다.

## 7. 외란 상태값과 상태 산출

### 7.1 외란 벡터

상태 산출부(600)는 발한 품질 프레임과 Device Event Frame 을 시간적으로 정렬하고 외란 상태값을 산출한다. 외란 벡터는 sweat-rate component, contamination component, thermal component, calibration component, fill component, drift component, haptic component, communication component, power component, processing-load component, request-load component 를 포함할 수 있다.

### 7.2 quiet window 와 artifact window

quiet window 는 장치 이벤트가 후보값 샘플링에 영향을 주지 않는 것으로 간주할 수 있는 시간 구간이고, artifact window 는 이벤트 전후에 출력 제한이 필요한 시간 구간이다. 예를 들어 햅틱 구동이 끝난 직후에도 microfluidic 흐름이나 접촉 압력이 즉시 안정화되지 않을 수 있으므로 artifact window 동안 full value 출력이 제한될 수 있다.

### 7.3 감쇄 갱신

decay window 는 이벤트 종료 후 외란 상태값이 정상으로 돌아가는 시간을 모델링한다. 상태 산출부는 단일 이벤트뿐 아니라 반복 이벤트, 서버 요청 폭주, 충전 전환, 연속 BLE burst, 누적 CPU 부하를 반영할 수 있다. 일정한 quiet window 가 충족되기 전에는 trend-only 또는 non-value 상태가 유지될 수 있다.

**요약문:** 외란 상태값은 순간 점수가 아니라 시간에 따라 누적되고 감쇄되는 상태 모델이다. 운영자는 이벤트가 끝났다는 이유만으로 즉시 full value 를 허용하지 않아야 한다.

## 8. Marker Policy Package 운용

### 8.1 정책 필드

marker policy package 는 marker\_id, marker\_group, unit, allowed\_output\_modes, minimum\_sweat\_quality, required\_calibration\_state, contamination\_rule, drift\_rule, trend\_window, raw\_access\_policy, non\_value\_response\_codes, evidence\_required\_fields 를 포함한다. 정책 패키지는 질병 판단 룰셋이 아니라 출력 모드와 감사 필드를 결정하는 데이터 구조이다.

### 8.2 marker 별 차등 정책

코티졸은 일주기와 trend 해석이 중요하므로 절대값 출력보다 trend-only 또는 재측정 안내가 적합할 수 있다. 요산은 식이, 발한율, 오염 가능성, drift 상태를 고려해야 하며 통풍 판정을 출력하지 않는다. 젖산은 운동 상태와 햅틱 외란, 피부온도 영향을 고려해 trend-only 가 우선될 수 있다. 포도당은 땀-혈액 지연, 낮은 농도, fill 상태 때문에 당뇨 판단 또는 치료 결정을 제공하지 않는다.

### 8.3 정책 변경 관리

정책 패키지는 marker 별 연구 변화, 센서 제조사 변경, 보정 버전 변경, 규제 리스크 변화에 따라 갱신될 수 있다. 그러나 정책 변경은 output\_mode 와 raw\_value\_access 에 직접 영향을 주므로 승인 절차, 버전 기록, 무결성 값 생성, 배포 후 회귀 테스트가 필요하다. policy\_integrity\_failed 가 발생하면 실제값 출력은 차단되어야 한다.

정책 필드	설명	운영 영향
allowed_output_modes	허용 가능한 출력 모드 목록	full value 가능 여부 결정
minimum_sweat_quality	필수 발한 품질 조건	품질 부적격 시 제한
raw_access_policy	원시값 접근 정책	SDK/BLE/API 차단 조건
non_value_response_codes	비값 응답 사유 코드	외부 소비자 처리 기준
evidence_required_fields	Evidence Packet 필수 필드	감사 가능성 보장

**요약문:** Marker Policy Package 는 GNX Earswet 의 판단 기준을 담은 핵심 데이터 구조이다. 정책은 진단 기준이 아니라 출력 모드, 원시값 접근, 비값 응답, Evidence Packet 필드를 제어한다.

## 9. 출력 제어부와 출력 모드

### 9.1 판단 절차

출력 제어부(800)는 후보값, 발한 품질 프레임, 외란 상태값, 출력 요청, 보정 상태, raw\_access\_policy 를 입력으로 받아 출력 적격성을 판정한다. 일반적 절차는 adapter 필드 검증, 발한 품질 검증, Device Event Frame 검증, 마커 정책 무결성 검증, response schema 구성 가능성 검증 순서로 진행된다. 어느 단계에서든 부적격이면 fail-closed 가 우선된다.

### 9.2 출력 모드

출력 모드는 full value, limited value, trend-only, warning, request remeasurement, raw access blocked, non-value response 로 구분된다. full value 는 모든 조건이 충족된 경우에만 허용된다. limited value 는 범위 또는 제한 정보를 제공한다. trend-only 는 절대값보다 방향성만 제공한다. warning 은 수치 공개 없이 주의 또는 확인 필요를 알린다. request remeasurement 는 재측정을 요구한다. raw access blocked 는 원시값 접근을 차단한다. non-value response 는 생체값으로 해석될 수 있는 수치를 제공하지 않는다.

### 9.3 fail-closed 규칙

adapter\_field\_missing, unit\_incompatible, calibration\_expired, calibration\_incompatible, sweat\_quality\_invalid, fill\_state\_invalid, contamination\_suspected, drift\_excessive, reagent\_expired,

device\_event\_interference, policy\_integrity\_failed, policy\_not\_found, response\_schema\_error 가 발생하면 출력 제어부는 실제값 공개보다 안전한 출력 모드를 우선한다. 이 규칙은 사용자 편의보다 데이터 오용 방지를 우선한다.

출력 모드	사용 조건	외부 응답
Full Value	품질, 이벤트, 보정, 정책 모두 적격	허용된 실제값 제공
Limited Value	일부 조건 제한	범위 또는 제한 정보 제공
Trend Only	절대값 위험, 방향성 가능	상승/하락/안정 등 제공
Request Remeasurement	측정 조건 부적격	재측정 요청
Raw Access Blocked	원시값 공개 부적격	raw_value_access=false
Non-Value	생체값 제공 부적합	상태코드와 evidence_packet_id 만 제공

**요약문:** 출력 제어부는 GNX Earswet 의 실행 중심이다. 후보값이 존재해도 full value 는 기본값이 아니며, 부적격 조건에서는 raw access blocked 또는 non-value response 가 기본 안전 경로가 된다.

## 10. Evidence Packet 과 감사

### 10.1 Evidence Packet 의 역할

Evidence Packet 은 출력 결정의 재현 및 감사를 위한 데이터 묶음이다. 단순 로그가 아니라 어떤 센서 어댑터 입력, 어떤 발한 품질 프레임, 어떤 Device Event Frame, 어떤 외란 상태값, 어떤 정책 패키지, 어떤 응답 스키마 상태를 근거로 출력이 허용 또는 차단되었는지 설명한다.

### 10.2 필드 구조

Evidence Packet 은 output\_decision, reason\_code, marker\_id, unit, candidate\_value\_presence, raw\_value\_access, sensor\_vendor\_id, calibration\_version, policy\_package\_id, algorithm\_version, sweat\_quality\_summary, device\_event\_summary, disturbance\_vector, timestamp, replay\_snapshot, response\_schema\_state, integrity\_value 를 포함할 수 있다. 후보값 실제 수치는 반드시 포함할 필요가 없으며, 후보값 해시나 참조 식별자로 대체될 수 있다.

### 10.3 무결성

integrity\_value 는 정규화된 센서 어댑터 입력, 발한 품질 프레임, Device Event Frame, 외란 상태값, 정책 패키지 식별자, 출력 결정, raw\_value\_access 상태, response schema, timestamp 를 정규화 직렬화한 데이터에 대한 해시, HMAC, 전자서명 또는 해시체인으로 생성될 수 있다. 운영자는 무결성 검증 실패 시 Evidence Packet 을 신뢰하지 않고 실제값 사용을 중단해야 한다.

**요약문:** Evidence Packet 은 GNX Earswet 의 감사 가능성을 담당한다. 값 공개 여부뿐 아니라 왜 공개되거나 차단되었는지, 그 근거가 변경되지 않았는지를 검증할 수 있게 한다.

## 11. API/BLE 응답 스키마

### 11.1 공통 응답 필드

모바일/SDK/BLE/API 출력부(1000a)는 출력 제어부의 결정에 따라 정상 응답 또는 비값 응답을 구성한다. 공통 필드는 status, reason\_code, output\_mode, raw\_value\_access, non\_value\_token, marker\_id, policy\_package\_id, evidence\_packet\_id, timestamp 이다. 외부 API 소비자는 raw\_value\_access=false 를 수신하면 candidate\_value 필드가 없거나 sentinel 로 대체된 응답을 생체 수치로 처리하지 않아야 한다.

## 11.2 SDK 운용

SDK는 value getter와 status getter를 분리할 수 있다. full value 상태에서는 value getter가 허용된 값을 반환하고, 제한 또는 비값 상태에서는 status getter와 evidence\_packet\_id만 반환한다. SDK는 개발자가 bypass 옵션으로 raw value를 가져가지 못하도록 해야 하며, debug mode에서도 실제 생체값 노출은 별도 권한과 감사 로그가 필요하다.

## 11.3 BLE 운용

BLE에서는 actual-value characteristic, status characteristic, reason-code characteristic, evidence-packet-id characteristic을 분리할 수 있다. raw\_value\_access=false 상태에서는 actual-value characteristic 갱신을 억제하거나 non-value 상태코드만 제공한다. BLE 클라이언트가 이전 actual-value를 캐시하는 경우, response\_schema\_state와 timestamp를 기준으로 stale value 표시를 막아야 한다.

**요약문:** API/BLE 스키마는 단순 데이터 형식이 아니라 출력 제어의 집행 지점이다. raw\_value\_access=false가 오면 SDK와 BLE 소비자는 실제값 반환, 표시, 저장, 자동 판단을 하지 않아야 한다.

## 12. 운영, 모니터링, 장애 대응

### 12.1 운영 모니터링

운영자는 fail-closed 발생률, reason\_code 분포, policy\_integrity\_failed 발생 횟수, adapter\_field\_missing 빈도, device\_event\_interference 비율, non-value response 비율, evidence packet verification failure, API consumer misuse 로그를 모니터링해야 한다. 지표의 목적은 사용자에게 더 많은 값을 보여주는 것이 아니라 부적격 값의 오용 위험을 줄이는 것이다.

### 12.2 장애 대응

정책 패키지 저장소 장애, Evidence Packet 생성 장애, BLE characteristic 동기화 오류, 서버 API 응답 스키마 오류, SDK 버전 불일치가 발생하면 시스템은 full value를 제공해서는 안 된다. 장애 안내는 “현재 측정값을 제공할 수 없음”, “재측정 필요”, “확인 필요”, “출력 부적격”처럼 비진단적이고 안전한 문장으로 구성한다.

### 12.3 변경관리

새 marker, 새 OEM 센서, 새 정책 패키지, 새 SDK 버전, 새 BLE characteristic map, 새 API response schema가 추가될 때마다 회귀 테스트를 수행한다. 특히 candidate\_value\_presence=true와 raw\_value\_access=false가 동시에 존재하는 시나리오, Evidence Packet 무결성 검증, response\_schema\_state 오류 처리, stale value 차단을 반복 확인해야 한다.

**요약문:** 운영은 더 많은 값을 보여주는 경쟁이 아니라, 부적격 값을 정확히 차단하고 그 이유를 재현 가능한 방식으로 남기는 활동이다. 장애 시 기본값은 non-value 또는 raw access blocked 이다.

## 13. 검증 시나리오와 수락 기준

### 13.1 기본 테스트

기본 테스트는 정상 센서 입력, 정상 발한 품질, 이벤트 없음, 유효 정책, 정상 응답 스키마에서 full value가 허용되는지 확인한다. 이어서 각 필드를 하나씩 부적격으로 만들고 expected\_output\_mode가 limited, trend-only, request remeasurement, raw access blocked 또는 non-value로 바뀌는지 확인한다.

## 13.2 외란 테스트

외란 테스트는 후보값 샘플링 시각 전후로 BLE burst, haptic, ADC load, charging transition, low battery, CPU/MCU spike, server request storm 을 주입한다. sampling\_time\_proximity 가 artifact window 안에 있으면 full value 가 차단되어야 한다. 이벤트 종료 후 decay window 동안 제한 상태가 유지되는지도 확인한다.

## 13.3 보안 테스트

보안 테스트는 raw endpoint bypass, policy rollback, policy tampering, Evidence Packet tampering, replay attack, adapter spoofing, SDK debug leakage, BLE stale value replay 를 포함한다. 수락 기준은 공격 성공 여부가 아니라 실패 시 시스템이 얼마나 안전하게 non-value 또는 raw access blocked 로 수렴하는지이다.

**요약문:** 검증은 정상 작동보다 실패 조건에서의 안전한 동작을 더 중요하게 본다. 부적격 조건, 외란 조건, 보안 공격 조건에서 fail-closed 가 재현되어야 한다.

# 14. 부록: 예시 스키마와 운영 표준

## 14.1 비값 응답 예시

비값 응답은 숫자형 생체값을 포함하지 않거나, 숫자가 포함되더라도 생체값으로 사용될 수 없도록 sentinel 또는 non\_value\_token 을 포함한다. 예시는 다음과 같다.

## 14.2 정책 패키지 예시

정책 패키지는 marker 별로 허용 출력 모드와 필수 Evidence 필드를 정의한다. 운영자는 정책을 소스코드에 하드코딩하기보다 versioned package 로 관리하고, policy\_integrity\_value 를 통해 무결성을 검증해야 한다.

## 14.3 운영 표준

운영 표준은 네 가지 문장으로 압축된다. 첫째, 후보값이 있다는 사실은 공개 허용을 의미하지 않는다. 둘째, 부적격 조건에서는 항상 raw\_value\_access=false 가 우선된다. 셋째, 비값 응답은 사용자 불편이 아니라 안전한 응답이다. 넷째, Evidence Packet 이 없거나 무결성이 깨지면 해당 출력 결정은 감사 가능하지 않으므로 실제값 사용을 중단한다.

```
{
  "status": "blocked",
  "output_mode": "non_value",
  "reason_code": "device_event_interference",
  "non_value_token": "measurement_not_output_eligible",
  "candidate_value_presence": true,
  "raw_value_access": false,
  "marker_id": "lactate",
  "policy_package_id": "GNX-POLICY-2026-05-A",
  "evidence_packet_id": "evp_20260527_0001",
  "timestamp": "2026-05-27T09:00:00Z"
}

{
  "marker_id": "cortisol",
  "allowed_output_modes": ["trend_only", "warning", "request_remeasurement", "non_value"],
  "minimum_sweat_quality": ["stable", "fill_valid", "contamination_clean"],
  "required_calibration_state": "valid",
  "raw_access_policy": "blocked_by_default",
  "evidence_required_fields": ["sweat_quality_summary", "device_event_summary", "disturbance_vector", "integrity_value"]
}
```

**요약문:** 부록은 구현자가 즉시 사용할 수 있는 예시와 운영 원칙을 제공한다. 모든 예시의 중심은 후보값 공개의 사전 통제와 감사 가능한 근거 생성이다.

## 부록 A. 예시 JSON

다음 예시는 구현 참고용이며, 실제 제품에서는 marker, 정책 버전, key management, privacy policy, partner contract 에 맞게 조정해야 한다.

```
{
  "status": "blocked",
  "output_mode": "non_value",
  "reason_code": "device_event_interference",
  "non_value_token": "measurement_not_output_eligible",
  "candidate_value_presence": true,
  "raw_value_access": false,
  "marker_id": "lactate",
  "policy_package_id": "GNX-POLICY-2026-05-A",
  "evidence_packet_id": "evp_20260527_0001",
  "timestamp": "2026-05-27T09:00:00Z"
}
{
  "marker_id": "cortisol",
  "allowed_output_modes": ["trend_only", "warning", "request_remeasurement", "non_value"],
  "minimum_sweat_quality": ["stable", "fill_valid", "contamination_clean"],
  "required_calibration_state": "valid",
  "raw_access_policy": "blocked_by_default",
  "evidence_required_fields": ["sweat_quality_summary", "device_event_summary", "disturbance_vector", "integrity_value"]
}
```

**요약문:** 예시 JSON 은 비값 응답과 정책 패키지의 최소 구조를 보여준다. 실제 구현은 필드 추가가 가능하지만 raw\_value\_access=false 의 의미는 변경되어서는 안 된다.

## 부록 B. 운영 점검표

- 신규 OEM 센서의 adapter contract 가 등록되었는가
- marker\_id 와 unit 정규화가 성공하는가
- calibration\_version 이 정책 패키지와 호환되는가
- Sweat Quality Frame 의 필수 필드가 채워지는가
- Device Event Frame 의 sampling\_time\_proximity 가 계산되는가
- 외란 벡터의 artifact window 와 decay window 가 적용되는가
- policy\_integrity\_value 검증이 수행되는가
- fail-closed 조건에서 full value 가 차단되는가
- Evidence Packet 이 생성되고 integrity\_value 가 검증되는가
- SDK/BLE/API 소비자가 non-value 응답을 생체값으로 처리하지 않는가
- 장애 발생 시 raw access blocked 또는 non-value 로 전환되는가
- 정책 변경 후 회귀 테스트가 수행되는가

**요약문:** 운영 점검표는 배포 전 필수 확인 항목이다. 특히 정책, 이벤트, Evidence, API/BLE 응답은 함께 검증되어야 하며 어느 하나만 통과해서는 충분하지 않다.