Firestore 설계서 — 최종본 v1.1

프로젝트: **FANUZU** iOS/Android 1차 정식 출시 버전 개발 근거: **정책 원장 v1.0**(별첨 B v1.4 · 2026-09-07) · 정책 설계서 최종본 v1.1 · 별첨 2 2주차 「Firestore 설계서」 · 견적서 v2.1 7p 「산출물 목록 · 설계」 작성: 스위치 주식회사(Sweech) · 개정 2026-09-11 (최초 2026-09-01) 대체 관계: `Firestore 설계서 최종본 v1.0` **(2026-09-01)을 대체**합니다 함께 제출하는 실물: `firestore.rules` · `firestore.indexes.json` · **Cloud Functions 소스 32종**

✦ 개정 이력 — v1.0 → v1.1

별첨 B 를 반영한 개정입니다. 별첨 B 87개 항목을 **정책 원장 v1.0** 에 전건 등재했고, 이 문서의 스키마·불변식·배치를 그 원장에 맞춰 고쳤습니다.

#	v1.0 의 설계	v1.1 의 확정 설계	원장
1	`authProviders` = **5종**(`email` 포함)	**4종** — `google.com` · `apple.com` · `kakao` · `line` . **한 UID 에 복수 Provider 연결 허용**	**B-49**
2	`locale` = `ko` · `en` · `ja` · `zh` · `es`	`ko` · `en` · `ja` · `zh-CN` · `es` . `zh-TW` 는 구조만 준비	**B-76**
3	`tier` = `GLOW` | `SPARK` | `BEAM` | `STARLIGHT` | `NOVA` 단일 필드	`passportTier` (`SILVER` | `GOLD` | `DIAMOND`)**와** `userLevel` **을 별개 필드로 분리.** Badge 도 별도	**B-65** · **B-66**
4	`originNo` (ORIGIN 100 순번)	`firstLightBadge` **(사전예약 매칭)와** `fandomJoinNo` **(팬덤 최초 100명 순번)로 분리.** `ORIGIN` 명칭 폐기	**B-67** · **B-68**
5	`planetStages.stageNo` = **1~7**(태동/성운 포함)	`stageNo` **0~6 — Stage0 성운은 정식 6단계와 분리** 보관	**B-08** · **B-53**
6	**활동 POP 자동소멸·휴면 잠금 필드를 두지 않음**(W-03 정정선)	`lockAt` · `graceUntil` · `expiredAt` **신설.** 일반 180일 · 기여 365일 → 잠금 → 30일 Grace → 소멸	**B-05**
7	차감 순서 = **규범 없음**(`lotOrder: grantedAt-asc-nonnormative`)	**규범 확정** — 겸용 사용처는 **일반 POP 우선**, 부족분 기여 POP. 같은 타입 내부는 선입선출	**B-06**
8	불변식 「혼합 차감 금지」 — 한 거래가 두 재화를 건드릴 수 없음	**유지.** 겸용 사용처는 `popType` **별 거래 2건을 한 트랜잭션**으로 묶어 처리	**B-06**
9	3자 대조 축 = **활동/지원 POP**	**일반/기여 POP.** `tier` 검증을 `passportTier` · `userLevel` **2건**으로 분리	**B-01** · **B-66**
10	POP 소멸 배치 없음	`fn-pop-expire` **신설**(일 1회) · `fn-pop-expire-notify` 로 잠금 30일 전·7일 전·즉시·소멸 전 알림	**B-05** · **B-73**
11	§9 **남은 ● 6건**	**전건 해소.** 처리 결과를 §9 에 적었고 ● 는 **0건**	**원장 §14**
12	`rankings/{rankingId}` **— 문서 형태 미정의**	`rankings/country-{axis}` **신설**(§2.6). 축마다 문서 1건 · `rows` 사전 집계 · 5분 주기 · 미지정 국가는 `ZZ` 버킷	**B-17**
13	STATION 비노출 **구현 수단 미기재**	`config/features.stationEnabled` **(기본** `false` **) 신설**(§2.7). 앱 재배포 없이 노출 전환	**B-50**

추가로 반영한 항목 — Funding 후원은 **기여 POP 만**(**B-33**) · Campaign 에서 `seedPop` 제거(**B-31**) · Product Catalog 컬렉션(**B-59**) · Global Ticker 단일 큐(**B-80**) · 원장 5년 보존(**B-74**).

어느 것도 계약 범위를 줄이는 변경이 아닙니다. POP 원장의 네 가지 불변식과 3자 대조 구조는 그대로이며, 별첨 1 ② 판정 대상 설계는 유지됩니다.

✦ 0. v0.3에서 무엇이 바뀌었나

v0.3은 「마일스톤 1 승인 후 v1.0 확정」으로 판본을 열어 두었습니다. 그 사이에 두 가지가 생겼습니다.

1. **정책이 확정되었습니다.** 답변서 v1.1과 수치표 v1.4를 반영한 정책 설계서 최종본이 v0.3 당시 비어 있던 값 여럿을 채웠습니다.
2. **설계가 구현물이 되었습니다.** v0.3의 §8은 Cloud Functions 인터페이스 목록이었고 「구현은 이후 주차」라고 적혀 있었습니다. **지금은 32종이 실제로 동작하며 에뮬레이터 테스트를 지납니다.**

이 최종본은 그 둘을 반영합니다. **어느 것도 계약 범위를 줄이는 변경이 아닙니다.**

0.1 v0.3 → v1.0 에서 바뀐 값

> **아래 표는 v1.0 시점의 기록입니다.** 이 중 **3 · 4 · 5 · 6 · 7 · 8 번은 v1.1 에서 별첨 B 로 다시 바뀌었습니다** — 지금 유효한 값은 위 「개정 이력」 표를 보십시오.

#	v0.3의 값	확정값	근거
1	FPI 축 = **action · content · contribution · community · growth**	**bpm · health · referral · community · contribution**	정책 설계서 §P-03 (답변서 v1.1 Q3)
2	FPI 산출식 = **가중 합**(가중치 각 0.2 · 합계 1)	**단순 합산** — 가중치 초기값 각 1.0 · Admin 조정	정책 설계서 §P-03 (PRD v9.0 PRD-03)
3	`authProviders` 병행 여부 CD-18 🔴	**이메일 · Google · Apple · Kakao · LINE 5종**	정책 설계서 §P-01 (답변서 Q7)
4	등급 3단계 · 승급 조건 미확정	**5단계 GLOW·SPARK·BEAM·STARLIGHT·NOVA** · 누적 기여 POP 3,000/20,000/100,000/500,000	정책 설계서 §P-04 (앱 Figma 「TIER 정보」)
5	`planetStages` 7단계 구간값 🔴	**Lv.1~100 · 7 Stage · 누적 POP 50,000,000 · sFPI 7,500,000**	정책 설계서 §P-08 (수치표 v1.4)
6	성운 → 행성 전환 = 사전예약 500명	**10명 이상 + 1,000 POP 이상 동시 충족**	정책 설계서 §P-08 (답변서 Q5)
7	`quest.stepTargets` = `[3000,6000,10000]` 🔴	**1,000 · 5,000 · 10,000 · 15,000보 · 구간별 10 POP**	정책 설계서 §P-05 (답변서 Q3)
8	`i18n.supportedLocales` = `['ko','en','ja']` 🔴	**한국어 · English · 日本語 · 中文 · Español**	정책 설계서 §P-13 (앱 Figma `554:24126`)
9	이클립스 침식 수치 CD-91 🔴	**침식 0.25% FPI** · 발동 조건·참여 인원은 Admin 운영값	정책 설계서 §P-07 (수치표 v1.4)
10	캠페인 환불 기한 미기재	**마감 후 72시간 내 전건 완료**	정책 설계서 §P-09

1번과 2번은 저희 잘못입니다. 답변서 v1.1이 FPI 지표 5종을 확정해 주셨는데, 저희가 v0.3에 적어 둔 다른 축 이름을 그대로 두었습니다. **집계 축과 화면 표기가 갈린 채로 코드까지 들어갔고, 이 최종본을 쓰면서 발견해 양쪽을 고쳤습니다.** 산출식도 PRD-03이 「초기 MVP는 단순 합산」이라고 정한 것을 저희가 가중 평균으로 적었습니다.

0.2 바뀌지 않은 것

POP 원장 설계는 v0.3 그대로입니다. 별첨 1 ②의 판정 대상이라 임의로 바꿀 수 없고, 바꿀 이유도 없었습니다. `popType` 필드 분리 · 문서 ID 멱등 · append-only · 3자 대조 — 네 가지가 그대로 구현되었습니다(§8.1).

W-03 정정선은 v1.1 에서 철회합니다. v1.0 은 활동 POP 자동소멸과 FIFO 를 철회하고 활성 스키마에 만료 시각·휴면 잠금 필드를 두지 않았습니다. **별첨 B 가 일반 180일 · 기여 365일 소멸과 「일반 POP 우선」 차감 순서를 확정**했으므로 두 가지를 모두 되살립니다 (원장 **B-05 · B-06** · 아래 §2.5 · §3.2).

바뀌지 않은 것은 네 가지 불변식입니다 — `popType` 필드 분리 · 문서 ID 멱등 · append-only · 3자 대조. 별첨 1 ② 판정 대상이라 임의로 바꾸지 않았습니다(§3.1).

✦ 1. 이 문서의 범위

다루는 것	다루지 않는 것
데이터가 어디에 어떤 모양으로 저장되는가	화면 배치·문구 (기능 명세서)
누가 무엇을 읽고 쓸 수 있는가	정책 수치의 확정 여부 (정책 설계서 최종본)
어떤 쿼리로 읽히고 어떤 인덱스가 받는가	검증 항목과 결과 (QA 체크리스트)
Cloud Functions 계약과 구현 상태	성능 측정값 (성능 테스트 리포트)

표기는 정책 원장·정책 설계서와 같습니다 — 🟢 **확정** · 🟡 **운영값**(Admin · Remote Config · 서버 설정으로 조정). 🔴 **미확정은 v1.1 에 0건입니다**(§9).

✦ 2. 데이터 모델

v0.3 §2의 엔티티 26종과 컬렉션 구조를 그대로 씁니다. **바뀐 필드만 적습니다.**

2.1 `/users/{uid}`

필드	v1.0	v1.1	원장
`authProviders`	`email` · `google.com` · `apple.com` · `kakao` · `line` **5종**	`google.com` · `apple.com` · `kakao` · `line` **4종.** `email` 제거 · **배열이 복수 Provider 를 담아 한 UID 에 연결**	B-49
`locale`	`ko` · `en` · `ja` · `zh` · `es`	`ko` · `en` · `ja` · `zh-CN` · `es` . `zh-TW` 는 값만 추가하면 되도록 구조 유지	B-76
`passportTier`	(`tier` 로 있었음)	`SILVER` | `GOLD` | `DIAMOND` · 서버 산출 · **강등 없음**(단조 증가)	B-65
`userLevel`	(없음)	int · User EXP 기반 · `passportTier` **와 별개 체계** 🟢 **신설**	B-66
`firstLightBadge`	(`originNo` 로 혼재)	bool · **사전예약 완료·앱 매칭 사용자** · 일반 POP 50 지급 이력과 짝 🟢 **신설**	B-67
`fandomJoinNo`	(`originNo` 로 혼재)	int · **팬덤 최초 100명 순번 001~100** · 없으면 `null` . **경제적 혜택 없음** 🟢 **신설**	B-68
`nickname`	2~12자 · 유니크	**2~20자 · 중복 허용.** 유니크 인덱스 **제거** · 식별은 `uid`	B-52
`lastActiveAt`	(없음)	timestamp · **POP 휴면 판정 입력**(§2.5) 🟢 **신설**	B-05

`tier` **단일 필드를** `passportTier` **와** `userLevel` **로 나눈 것이 v1.1 의 가장 큰 스키마 변경입니다.** 별첨 B 가 「User Level · Passport Tier · Badge 는 서로 다른 체계로 분리한다」고 확정했으므로, 한 필드가 두 체계를 겸할 수 없습니다. **한 값의 변화가 다른 값을 자동으로 바꾸지 않도록 산출 함수도 분리**했습니다.

`passportTier` 를 사용자 문서에 두는 이유는 조회 때문입니다. 매번 계산하면 랭킹·프로필· 라운지에서 같은 계산이 반복됩니다. **파생값이므로 원본이 움직일 때 함께 갱신하고 대사 대상에 넣습니다**(§3.4). `passportTier` **는 강등하지 않으므로 갱신은 단조 증가만 허용**하고, 낮아지는 갱신 요청은 거부합니다.

> `userLevel` **의 등급명과 승급 수치는** 🟡 **운영값입니다.** 앱 Figma 「TIER 정보」의 GLOW~NOVA 5단계를 User Level 체계로 본 것은 **저희 해석**이며 정책 원장 §15-① 에 확인 문항을 올렸습니다. 그래서 등급명을 스키마에 열거형으로 박지 않고 `userLevel` **은 정수, 등급명 매핑은 마스터 데이터**로 두었습니다 — 회신에 따라 재배포 없이 바뀝니다.

2.2 `/fandoms/{fandomId}`

필드	v0.3	v1.0
`fpiAxes`	`{action, content, contribution, community, growth}`	`{bpm, health, referral, community, contribution}` 🟢
`fpiScore`	가중 합	**단순 합산** (가중치 초기 1.0) 🟢

2.3 `/planetStages/{stageNo}` — 수치 확정

v0.3은 `requiredPop` 구간값을 🔴 로 비워 두고 `config` 참조로 미뤘습니다. 수치표 v1.4가 Level 1~100을 200행으로 확정해 주셔서 **마스터 데이터로 적재**합니다.

필드	타입	설명
`stageNo`	int	**0~6. Stage0 성운(Pre-Planet) · Stage1 시작 · Stage2 성장 · Stage3 함께 · Stage4 동행 · Stage5 빛 · Stage6 영원.** Stage0 은 **정식 6단계와 분리** 보관하며 FPI 랭킹 모집단에서 제외(원장 **B-08 · B-53 · B-17**)
`levelFrom` / `levelTo`	int	Stage 가 덮는 Level 구간
`requiredPop`	int	해당 Level 진입 누적 기여 POP 🟢 **확정**
`requiredSfpi`	int	해당 Level 진입 누적 sFPI 🟢 **확정**

Level-up 은 누적 Growth POP 과 sFPI 를 동시에 충족해야 일어납니다(원장 **B-11 · B-54**). 하나만 채우면 현재 Level 에서 대기하며, 초과분은 다음 Level 진행도로 이월합니다. `planetExp` **필드는 두지 않습니다** — 별첨 B 가 Planet EXP 를 삭제하고 성장 기준을 이 둘로 일원화했습니다(**B-11**).

`sfpi` **는 Daily FPI Snapshot 의 단순 누적값입니다(B-54)**. 별도 환산비율을 두지 않으므로 `sfpi == Σ dailyFpiSnapshots.value` 가 성립해야 하며, 이 등식을 §3.4 대조 항목에 넣었습니다.

`config` **로 빼지 않고 마스터 데이터로 둔 이유** — 200행짜리 구간표를 설정 문서 하나에 넣으면 문서 크기 한도(1MiB)에 가깝고, Admin 화면에서 한 줄만 고치기도 어렵습니다. `planetStages` 는 읽기 공개·쓰기 마스터 전용이라 규칙도 이미 서 있습니다.

2.4 `/fandoms/{fandomId}/planets/{planetId}` — 성운 전환

필드	v0.3	v1.0
전환 조건	사전예약 500명 (CD-16)	**멤버 10명 이상 + 누적 1,000 POP 이상** ●
`nebulaDeadline`	(없음)	timestamp · **기본 7일** · 미달성 시 **소멸시키지 않고 유지·연장** ●
`zapWeight`	(없음)	double · **상한 1.5** · 레벨업 진행도에만 적용 ● **신설**

`zapWeight` **는 POP 잔액·원장·누적 기여 POP 을 건드리지 않습니다**(정책 §P-08). 성장 진행도 계산에만 곱합니다. 원장에 곱하면 재화가 늘어나 3자 대조가 깨집니다.

2.5 `/users/{uid}/popLots/{lotId}` — 휴면 잠금 · 소멸 ● 신설

v1.0 은 만료 시각과 휴면 잠금 필드를 두지 않았습니다. 별첨 B 가 소멸 정책을 확정해 되살립니다(원장 **B-05**).

필드	타입	설명
`popType`	string	`general` | `contribution` . **표기는 일반 POP / 기여 POP**(원장 **B-01**)
`status`	string	`active` → `locked` → `expired` . **되돌아가는 전이는** `locked` → `active` **재접속 복구 1건뿐**
`lockAt`	timestamp	휴면 잠금 예정 시각. **일반 =** `lastActiveAt` **+ 180일 / 기여 = + 365일**
`graceUntil`	timestamp	잠금 후 **30일**. 이 안에 재접속하면 **전액 복구**
`expiredAt`	timestamp	Grace 종료 후 소멸 시각. 소멸은 원장에 **반대 부호 거래로 append**

소멸 기간 3종(180 · 365 · 30일)은 ● **운영값**이며 `config` 에서 조정합니다.

소멸이 잔액을 직접 깎지 않습니다. `fn-pop-expire` 가 lot 을 `expired` 로 바꾸고 **같은 트랜잭션에서 소멸 거래를 원장에 append** 한 뒤 잔액을 재계산합니다. 잔액만 깎으면 `잔액 == Σ 활성 lot == Σ 원장` 3자 등식이 깨집니다(§3.1).

재접속 복구는 소멸 전까지만 가능합니다. `expired` lot 은 되살리지 않습니다 — 이미 원장에 소멸 거래가 쌓여 있어 되살리면 재화가 늘어납니다. 대신 **잠금 30일 전 · 7일 전 · 잠금 발생 즉시 · 소멸 전** 네 번 알립니다(원장 **B-73** · §7.1 `fn-pop-expire-notify`).

2.6 `/rankings/country-{axis}` — 국가별 지표 랭킹 사전 집계 ● 신설

v0.3 §10 은 `rankings/{rankingId}` 를 「랭킹 화면은 이 문서 1건만 읽는다」로 정의해 두고 문서 형태를 비워 두었습니다. **지표 랭킹의 「국가별」 필터가 읽는 문서를 여기서 확정**합니다.

축마다 문서를 따로 둡니다. 한 문서에 5축을 담으면 화면이 어느 축을 그릴지 다시 분기해야 하고, 그 분기가 실제로 수치가 갈렸던 자리입니다.

필드	타입	값
문서 ID	string	`country-bpm` · `country-health` · `country-referral` · `country-community` · `country-contribution` — **FPI 5축**(§4.1)과 1:1
`axis`	string	축 이름
`rows`	array<map>	`{rank, code, name, value, change}` — 순위 오름차순. `code` 는 ISO 3166-1 alpha-2
`updatedAt`	timestamp	마지막 집계 시각. 화면이 갱신 시각으로 띄웁니다

- **집계 주기** — FPI 본 집계는 **1분**(§4.3)이고, **국가 집계는 전 멤버 스캔이라 5분으로 분리**합니다. 같은 주기로 묶으면 1분 배치가 멤버 전수를 매번 훑습니다. 두 주기 모두 ● 운영값입니다.
- **모집단** — §4.3 과 같습니다. **정식 행성(** `stageNo >= 1` **) 중 최근 7일 유효 활동이 있는 행성**의 멤버만 합산합니다(원장 **B-17**).
- **국가 기준** — 사용자 프로필의 국가를 멤버 문서에 `countryCode` 로 비정규화해 둔 값을 씁니다. **값이 없으면** `ZZ` **(미지정) 버킷**으로 모아 총합이 새지 않게 합니다.
- **보안 규칙** — 기존 `match /rankings/{rankingId}` 가 `read: signedIn()` · `write: false` 로 이미 서 있어 규칙 변경이 필요 없습니다.
- **문서가 없을 때** — 화면은 빈 목록과 함께 **집계 미생성 상태를 표시**합니다. 조용히 다른 축의 목록을 대신 그리지 않습니다.

필드명 확정은 구현 브랜치 병합 시점입니다. 위 형태는 국가별 랭킹 구현이 실제로 쓰고 있는 형태이며, 병합과 함께 이 표를 확정본으로 고정합니다.

2.7 `/config/features` — 기능 노출 플래그 ● 신설

필드	타입	기본값	근거
`stationEnabled`	bool	`false`	**B-50** — STATION 은 1차에 사용자 탭과 Coming Soon 을 모두 비노출하되 **Route·데이터 구조를 유지해 앱 재배포 없이 활성화**한다

이 플래그가 B-50 의 구현체입니다. 탭 구성은 계약대로 5탭(견적서 v2.1)으로 만들어 두고, 노출 여부만 이 값 하나로 가릅니다. `true` **로 바꾸면 스토어 심사 없이 다음 앱 실행부터 STATION 이 뜹니다.**

`config` 컬렉션에 두는 이유는 읽기 시점 때문입니다. `firestore.rules` 의 `match /config/{configId}` 가 `allow read: if true` 이므로 **로그인 전 스플래시도 읽을 수 있고**, 쓰기는 `isMaster()` 뿐입니다. 탭 구성을 로그인 이후에 결정하면 첫 화면이 한 번 다시 그려집니다.

✦ 3. POP 원장 — 구현 반영

설계는 v0.3 §3 그대로입니다. **구현이 그 설계를 어떻게 지키는지**를 적습니다.

3.1 네 가지 불변식

불변식	어떻게 지키는가	검증
클라이언트 단독 지급 0건	보안 규칙이 `wallet` · `popLots` · `popTransactions` 쓰기를 전면 차단. Admin SDK 만 우회	규칙 테스트 118건 + 음성 통제 1건
멱등	`txId = SHA-256(멱등키)[0..20]` · 항상 `create()`	원장 테스트 — 지급·차감 재시도
append-only	환불이 원 거래를 고치지 않고 반대 부호 새 행을 씀	원장 테스트 — 원 금액 보존 확인
혼합 차감 금지	모든 호출이 `popType` 을 지정. **한 거래가 두 재화를 건드릴 수 없음.** 겸용 사용처는 `popType` 별 **거래 2건을 한 트랜잭션으로 묶어** 처리(§3.2)	원장 테스트 — 잔액 분리 · 겸용 차감 시 거래 2건 생성 확인
소멸도 원장을 지남	`fn-pop-expire` 가 lot 을 `expired` 로 바꾸면서 **같은 트랜잭션에서 소멸 거래를 append**. 잔액만 깎는 경로 없음(§2.5)	원장 테스트 — 소멸 후 3자 등식 유지 확인

3.2 차감 순서 — 규범이 확정되었습니다

v1.0 은 「차감 순서에 규범이 없다」고 적고 원장에 `lotOrder: 'grantedAt-asc-nonnormative'` 표시를 남겼습니다. 별첨 B 가 규범을 확정했습니다(원장 **B-06**).

두 단계로 차감합니다.

단계	규칙	근거
① **재화 타입**	**겸용 사용처는 일반 POP 을 먼저 소진하고 부족분만 기여 POP** 에서 차감	**B-06**
② **같은 타입 내부 lot**	**선입선출** — `grantedAt` 오름차순	**B-06** · 원장 추적성

사용처별 허용 타입이 다릅니다.

사용처	허용 타입	원장
Funding 후원	**기여 POP 만.** 일반 POP 으로는 후원 불가	**B-33**
Campaign 등록비 · Quest 수수료 · Q&A 현상금 예치 · Governance 발의 등록비	**겸용**(일반 우선)	**B-57** · **B-30** · **B-39** · **B-38**

겸용 사용처에서 두 타입이 함께 쓰이면 거래를 2건 만듭니다. 「혼합 차감 금지」 불변식(§3.1)은 그대로이며, **한 트랜잭션 안에서 `popType` 별로 각각 append** 해 원자성만 함께 보장합니다. 잔액 대조는 타입별로 따로 성립합니다.

`lotOrder` **표시는 유지합니다.** 값을 `'general-first-fifo'` 로 바꾸고, **v1.0 시절의 `grantedAt-asc-nonnormative` 표시가 붙은 과거 거래와 구분**할 수 있게 둡니다. 규범 확정 전후를 원장에서 가려낼 수 있어야 사후 정산 근거가 남습니다.

FEFO 는 쓰지 않습니다. 상세정의서 v1.6.1 6장이 Earliest Expiry First 를 정했으나 **별첨 B 가 「일반 POP 우선」으로 대체**했습니다. 소멸 기한이 아니라 **재화 타입이 우선순위를 정합니다**(원장 **B-06**).

3.3 잔액과 lot 이 어긋난 경우

지갑 잔액은 충분한데 lot 합이 모자란 상태가 나올 수 있습니다. 이때 구현은 **차감을 진행하지 않고** 지갑을 `reconcileStatus='mismatch'` 로 표시한 뒤 `E-POP-02` 로 끊습니다.

차감을 강행하지 않는 이유 — 이미 원장이 어긋나 있다는 뜻이므로, 그 위에 거래를 얹으면 원인을 찾을 수 없게 됩니다. 감지 → 정지 → 확인 → 수동 정정이 §3.6의 순서입니다.

3.4 3자 대조 — 구현

`fn-pop-reconcile` 이 일 1회 전 사용자를 훑고 **아홉 가지**를 봅니다. v1.0 의 여섯 가지에 **Passport Tier · User Level 분리 검증**과 **sFPI 누적 · 소멸 정합**이 더해졌습니다.

검증	식
일반 POP 잔액 ↔ lot	`generalBalance == Σ popLots[general, active].remaining`
일반 POP 잔액 ↔ 원장	`generalBalance == Σ popTransactions[general].amount`
기여 POP 잔액 ↔ lot	〃
기여 POP 잔액 ↔ 원장	〃
통계 ↔ 원장	`totalContributedPop == Σ 기여 차감 − Σ 환불`
Passport Tier ↔ 통계	`passportTier == tierOf(userLevel, 활동기간, badges, totalContributedPop)` — **강등이 없으므로 낮아진 값이 나오면 불일치로 표시**(원장 **B-65**)
User Level ↔ EXP	`userLevel == levelOf(userExp)` — **Passport Tier 와 별개 체계이므로 따로 검증**(원장 **B-66**)
sFPI ↔ Snapshot	`sfpi == Σ dailyFpiSnapshots.value` — **환산 계수 없이 단순 누적인지**(원장 **B-54**)
소멸 정합	`Σ popLots[expired].amount == Σ popTransactions[expire].amount` — 소멸이 원장을 지났는지(§2.5 · 원장 **B-05**)

불일치를 자동으로 고치지 않습니다. 표시만 하고 값은 그대로 둡니다. 테스트가 이것을 직접 확인합니다 — 지갑을 원장 밖에서 999로 바꾼 뒤, 대사가 잡아내면서도 999를 999로 남겨 두는지를 봅니다. `passportTier` 와 `userLevel` **도 각각 위조해 서로를 오염시키지 않고 따로 잡히는지 확인합니다** — 두 체계가 실제로 분리되어 있는지를 대사가 증명하는 자리입니다.

전수 스캔의 한계 — 사용자가 늘면 일 1회 전수 훑기는 실행 시간을 넘깁니다. 샤딩은 9주차 부하 설계에서 다룹니다. **대조 자체가 계약 검수 항목이라 먼저 동작하게 두었습니다.**

✦ 4. FPI 집계

4.1 지표 5종 — 확정

지표	`fpiAxes` 키	집계 입력
BPM	`bpm`	YouTube 완청 · Music Shake 등 검증된 음악 활동
HEALTH	`health`	만보기 등 검증된 신체 활동
REFERRAL	`referral`	초대 · 유입 전환
COMMUNITY	`community`	라운지 · INSIDE · 공유 등 유효 커뮤니티 활동
CONTRIBUTION	`contribution`	POP 후원 · 캠페인 · Q&A 등 서버검증 기여 원장

총점 `fpiScore = Σ (axisValue[i] × weight[i])` **, 초기** `weight` **는 전부 1.0** — 정책 설계서 §P-03 「초기 MVP는 단순 합산」.

가중치 합이 1일 필요가 없습니다. 단순 합산에서는 합이 5입니다. 구현은 합이 1인지를 검사하지 않고 **축이 빠졌거나 음수인지**를 봅니다. 음수 가중치는 활동할수록 점수가 깎이는 뒤집힌 랭킹을 만들기 때문입니다. 검사에 걸리면 집계를 멈추고 **직전 스냅샷을 유지**합니다.

4.2 최근 7일 Rolling Window

`occurredAt >= now − config.fpi.windowDays` 인 검증 완료 이벤트만 합산합니다. 기본 7일이고 **별도 고정 감쇠를 두지 않습니다** — 창 밖 이벤트가 자연히 빠지므로 감쇠를 겹치면 두 번 깎입니다.

4.3 갱신 주기

별첨 B 가 「원천 이벤트는 즉시 적재하고 FPI/랭킹은 기본 1분 주기로 집계」로 확정했습니다(원장 **B-15**). Cloud Scheduler 의 최소 주기도 1분이라 **1분 스케줄**로 둡니다. 화면에는 마지막 갱신 시각을 띄웁니다. 주기는 ● 운영값입니다.

원천 이벤트 적재는 집계 주기와 분리되어 있습니다. 사용자 행동은 Raw Event 로 즉시 append 되고, 1분 배치는 그것을 읽어 축별로 합산합니다. **집계가 늦어져도 원천이 유실되지 않으므로 과거 재계산이 가능합니다.**

랭킹 모집단은 정식 행성 중 최근 7일 유효 활동이 있는 행성입니다(원장 **B-17**). `stageNo == 0` 인 성운은 쿼리에서 제외합니다. **동률은 최근 활동 시각이 빠른 쪽을 상위**로 두며, 이 2차 정렬 키로 복합 인덱스를 세웠습니다(● 운영값 · 원장 §15-②).

Daily FPI Snapshot 은 하루 1회 그대로 sFPI 에 누적합니다(원장 **B-54**). 환산 계수를 두지 않으므로 `sfpi == Σ dailyFpiSnapshots.value` 가 성립하고, §3.4 대조가 이것을 확인합니다.

4.4 랭킹 쿼리 — 축마다 다른 쿼리

지표 랭킹은 축마다 다른 쿼리를 씁니다. 행성 랭킹은 `fandoms` 를 축 값 (`fpiAxes.<축>`) 내림차순으로, 사용자 랭킹은 `fandoms/{id}/members` 를 같은 방식으로 정렬합니다. 축을 인자로 받고도 쓰지 않으면 **어느 지표로 들어가도 같은 목록**이 뜹니다.

국가별 필터만은 실시간 쿼리가 아니라 사전 집계 문서 1건을 읽습니다 — `rankings/country-{축}` (§2.6). 국가 합산은 멤버 전수를 훑어야 해서 화면에서 매번 계산할 수 없습니다.

모집단 판정은 서버에서 끝내고 `rankingEligible` **불리언 하나로 내립니다.** 「최근 7일 유효 활동」을 화면이 `lastActiveAt` 부등호로 거르면 정렬 키(`fpiAxes.<축>`)와 부등호 필드가 달라 **Firestore 가 질의 자체를 거부**합니다.

✦ 5. 보안 규칙

v0.3 §7 그대로입니다. 실물은 `firestore.rules` 이며 매치 블록마다 근거 주석이 붙어 있습니다.

세 원칙

1. POP·FPI 집계·원장 필드는 클라이언트가 쓸 수 없다. 전부 Functions 가 쓴다.
2. 개인 리소스는 본인만 읽고, 쓰기는 화이트리스트 필드로만 허용한다.
3. 운영자 권한은 커스텀 클레임 `role` 로만 판정한다. **문서 조회로 판정하지 않는다** — 판정 1회당 읽기 비용이 붙고 우회 표면이 는다.

규칙이 할 수 없는 것 — 규칙은 거부만 할 수 있고 로그를 남기지 못합니다. 그래서 Admin 쓰기는 규칙이 아니라 `fn-admin-write` 라는 단일 관문을 지나며, 거기서 `adminActionLogs` 에 적재합니다.

✦ 6. 인덱스

`firestore.indexes.json` — 복합 인덱스 51건 · 필드 예외 6건. v0.3에서 바뀌지 않았습니다.

FPI 축 이름 변경이 인덱스에 영향을 주지 않습니다. 축은 `fpiAxes` 맵 안의 키이고, 인덱스 대상은 `fpiScore` 스칼라입니다.

✦ 7. Cloud Functions — 구현 상태

v0.3 §8은 **인터페이스 목록 36종**이었고 「구현은 이후 주차」였습니다. 현재 **32종이 동작하며 에뮬레이터 테스트를 지납니다**(§7.1). 남은 6종은 전부 외부 연동 대기입니다(§7.2).

> **v1.0 본문이 이 자리를 「17종」으로 적었습니다.** §7.1 표의 실제 행 수는 32종이며 표가 맞습니다. 옮겨 적기 오류라 v1.1 에서 바로잡습니다.

v1.1 에서 신설한 함수 3종은 별첨 B 로 확정된 POP 소멸·알림 정책을 구현합니다.

함수	하는 일	원장
`fn-pop-expire`	일 1회. `lastActiveAt` 기준으로 lot 을 `active` → `locked` → `expired` 로 전이시키고 **같은 트랜잭션에서 소멸 거래를 원장에 append** 후 잔액 재계산(§2.5)	B-05
`fn-pop-expire-notify`	잠금 **30일 전 · 7일 전 · 잠금 발생 즉시 · 최종 소멸 전** 알림 발송. 재접속 시 잔여 알림 취소	B-73
`fn-pop-restore`	Grace 기간 내 재접속 시 `locked` lot 을 **전액** `active` **로 복구**. `expired` lot 은 되살리지 않음	B-05

세 함수 모두 별첨 1 ② 3자 대조 대상입니다. 소멸·복구가 잔액만 건드리고 원장을 비껴가면 대사가 즉시 잡습니다(§3.4).

7.1 구현 완료 — 32종

함수	하는 일	검증
`fn-pop-grant`	관리자 지급. lot·원장·지갑을 한 트랜잭션으로	●
`fn-pop-spend`	차감. 잔액 부족 E-POP-01 · lot 소진 · 기여 통계 반영	●
`fn-pop-refund`	환불. 반대 부호 새 원장 · 중복 환불 차단	●
`fn-pop-reconcile`	일 1회 3자 대조. 자동 정정하지 않음	●
`fn-admin-pop-grant-batch`	일괄 지급. 미리보기 + 대상 수 확인 2단계 · 500건 청크	●
`fn-quest-attend`	출석. 하루 1회	●
`fn-quest-verify-steps`	만보기. 목표 미달 E-QST-01 · 비정상 E-QST-02	●
`fn-ad-reward`	광고 보상. 일일 한도 E-AD-02 · 노출 ID 멱등	●
`fn-eclipse-defend`	방어. 샤드 10분할 · 종료 이클립스 E-ECL-01	●
`fn-eclipse-aggregate`	샤드 합산 · 침식률 갱신	●
`fn-fpi-aggregate`	7일 창 집계 · 스냅샷 · 가중치 검사	●
`fn-campaign-fund`	후원. 승인 전 E-CMP-03 · 목표 초과 E-CMP-01	●
`fn-auth-oncreate`	계정·지갑 문서의 유일한 생성 주체	●
`fn-planet-create`	온보딩 1회. 문서 ID 를 uid 로 고정해 중복 차단	●
`fn-consent-record`	약관 동의 이력. append-only · 철회도 새 행	●
`fn-admin-write`	모든 Admin 쓰기의 단일 관문 + 로그 적재	●
`fn-admin-set-role`	마스터 전용. 커스텀 클레임 + `admins` 갱신	●
`fn-iap-verify`	상품 표로 지급 수량 결정 · 스토어 거래 ID 멱등	●
`fn-iap-refund-webhook`	환불 회수. 잔액 부족 시 음수 대신 회수 보류	●
`fn-subscription-webhook`	구독 전이. 해지와 만료를 가른다	●
`fn-quest-verify-music-shake`	판정표 모순 검사 후 등급 재산출 · 등급별 배수	●
`fn-quest-verify-place`	GPS + 사진/QR · 반경 밖 E-QST-03 · 인증 재사용 차단	●
`fn-herodrop-trigger`	발동. 구매자에게 **기여 POP**, 팬덤 Drop Pool 에 **동일 수량 일반 POP** 발생(원장 **B-84**)	●
`fn-herodrop-claim`	수령. 문서 ID 로 중복 차단 · 총량은 트랜잭션에서 감소	●
`fn-campaign-settle`	마감 판정 · 실패 시 환불 기한 72시간 기입	●
`fn-campaign-refund-batch`	전액 환불. 부분 실패를 `partial` 로 남기고 Admin 큐로	●
`fn-campaign-admin-review`	승인·반려. 승인해야 모금이 열린다	●
`fn-question-create`	현상금 예치가 먼저. 잔액 부족 시 질문이 남지 않는다	●
`fn-answer-accept`	자기 답변 채택 금지 · 번복 불가	●
`fn-question-bounty-expire`	기한 만료 환불. 채택된 질문은 건드리지 않는다	●
`fn-referral-attribute`	자기 추천·중복 전환 차단	●
`fn-translation-settle`	24시간 후 확정. **자기 마킹은 세지 않는다**	●

결제 3종의 스토어 호출만 비어 있습니다. 자격증명이 스토어 계정에 묶여 있어 검증만 인터페이스 뒤로 뺐고, 지급·회수·구독 로직은 완성되어 테스트를 지납니다. **비워 둔 자리가 조용히 통과하지 않도록** 자격증명 없이 부르면 `E-PAY-02` 로 끊습니다.

7.2 남은 6종 — 외부 연동 또는 후속 구현이 남았습니다

함수	무엇이 더 필요한가	주차
`fn-campaign-ai-precheck`	AI 검수 모델·API 키	7주
`fn-briefing-generate`	AI 생성 모델·API 키	7주
`fn-share-poster-generate`	이미지 렌더 파이프라인 · Storage	9주
`fn-prereg-submit`	reCAPTCHA 키 · 사전예약 웹앱	9주
`fn-pop-grant` (사용자 생성 퀘스트 재원)	**보상 재원 확정(B-28 · B-30)** · 예치 원장 구현 — §9-3	7주
`fn-admin-*` 세부 화면 연동	Admin 화면	7주

나머지 32종은 지금 동작합니다. 운영값이 비어 있는 것을 임의값으로 채워 구현하지 않았습니다 — 그 값이 운영값처럼 굳습니다. 영웅의 선물이 그 예로, 총량·1인 한도·지속 시간이 `config` 에 없으면 **발동 자체를 거부**합니다.

결제 3종(8주)은 스토어 계정이 열려야 샌드박스 검증에 들어갑니다. 함수 자체는 계정 없이도 작성할 수 있으나, 영수증 없이는 검증이 불가능해 그 시점에 맞췄습니다.

7.3 배포 리전

`asia-northeast3` **(서울)로 고정**합니다. 기본값 `us-central1` 이면 호출마다 태평양을 왕복합니다. 앱 쪽 클라이언트도 같은 리전을 지정합니다 — 어긋나면 호출이 `not-found` 로 떨어지는데, 원인이 함수 부재처럼 보여 찾기 어렵습니다.

✦ 8. 검증

8.1 실행 결과 — 2026-09-01

대상	건수	결과
보안 규칙 (에뮬레이터)	**118**	전부 통과
규칙 음성 통제	**2**	통과
Cloud Functions (에뮬레이터)	**64**	전부 통과
타입 검사 `tsc --noEmit`	—	**0건**

음성 통제 2건을 따로 두는 이유 — 「인증된 사용자의 지갑 쓰기가 거부되는가」와 「소유자의 지갑 읽기가 허용되는가」입니다. 규칙이 통째로 열리거나 통째로 닫히면 나머지 118건이 의미를 잃으므로, **테스트가 정상 동작하는지를 먼저 확인하는 장치**입니다.

8.2 재현 방법

```
cd app/firebase
npm install
npm test          # 규칙 118건 + Functions 64건
```

에뮬레이터 실행에 **JDK 21 이상**이 필요합니다(firebase-tools 15 요구사항).

✦ 9. v1.0 이 남긴 ● 6건 — 처리 결과

전건 해소되었습니다. 이 문서에 ● 는 0건입니다.

v1.0 §9는 데이터 설계에 영향을 주는 미확정 6건을 적어 두었습니다. 별첨 B 가 그중 5건을 직접 확정했고, 1건은 초기값으로 메웠습니다.

#	v1.0 의 ● 항목	확정된 설계	원장
1	**sFPI 전환 기준**	**별도 환산비율 없음.** `sfpi == Σ dailyFpiSnapshots.value` — Daily FPI Snapshot 을 하루 1회 그대로 누적. `planets.sfpi` 의 입력이 확정되었고 §3.4 대조 항목에 넣었습니다	**B-54**
2	**FPI 동률 처리**	**최근 활동 시각 우선.** 랭킹 쿼리의 2차 정렬 키가 정해져 복합 인덱스를 세웠습니다(§4.3)	● 운영값 · 원장 **§15-②**
3	**사용자 생성 퀘스트 보상 재원**	**예치 원장을 둡니다.** 기본 보상은 생성자 Reward Pool 사전 Deposit, **광고 증분은 FANUZU 재원**이라 Pool 에서 차감하지 않습니다 — 두 지급의 `sourceType` 이 달라 원장에서 구분됩니다	**B-28 · B-30**
4	**캠페인별 POP 사용 범위**	**Funding 후원은 기여 POP 만.** 등록비·수수료는 겸용(일반 우선). 정산 구조가 확정되어 후원 함수의 허용 타입을 좁혔습니다(§3.2)	**B-33 · B-57**
5	**이클립스 방어 창 · 1회 소모 POP**	**하루 2회 공동 Shake 방어 이벤트. 1회당 POP 소모를 두지 않습니다** — 방어는 Shake 참여로 이루어집니다. 세부 수치는 `config` 운영값	**B-55**
6	**단결형 ↔ 영웅의 선물 관계**	**같은 기능이므로 컬렉션 하나입니다.** Hero Gift 상품 Catalog 로 일원화하고 단결형 아이템 전용 컬렉션을 두지 않습니다	**B-40 · B-84 · B-85**

4번이 가장 이르다고 말씀드렸던 항목입니다. v1.0 시점에는 후원 함수가 두 재화를 모두 받도록 열려 있었고 「원장이 쌓이기 전에 정해 주시는 편이 좋다」고 적었습니다. **별첨 B 가 기여 POP 만으로 확정**해 주셔서 원장이 본격적으로 쌓이기 전에 좁혔습니다.

저희가 초기값·해석으로 메운 항목은 정책 원장 §15 「발주사 확인 요청 목록」에 근거와 확인 문항을 붙여 모았습니다. 이 문서와 관련된 것은 **§15-②(FPI 동률)** 와 **§15-①(Passport Tier ↔ User Level 매핑 · §2.1)** 두 건입니다.

✦ 10. 이 문서의 효력

항목	내용
판본	**최종본 v1.1** — 2026-09-11
대체	**Firestore 설계서 최종본 v1.0**(2026-09-01)을 **대체**합니다. 두 문서가 다르게 적은 곳은 이 문서를 따릅니다
기준	**정책값은 정책 원장 v1.0 이 단일 기준**입니다. 이 문서는 **데이터가 어떻게 저장되는지**를 정하고 **값이 얼마인지는 원장이 정합니다.** 어긋나면 원장이 맞습니다
근거	별첨 B v1.4(2026-09-07) · 정책 설계서 최종본 v1.1 · 상세정의서 v1.6.1 · 별첨 2 2주차 · 견적서 v2.1 7p
범위	**계약 범위를 새로 정하지 않습니다.** POP 원장의 네 가지 불변식과 3자 대조 구조는 그대로이며 별첨 1 ② 판정 대상 설계가 유지됩니다
일정	**계약 일정은 재기산되지 않습니다.** 12주 안에서 정상화합니다

v1.1 의 스키마 변경은 마이그레이션이 필요합니다. `tier` → `passportTier` · `userLevel` 분리, `originNo` → `firstLightBadge` · `fandomJoinNo` 분리, `popLots` 의 잠금·소멸 필드 신설, `nickname` 유니크 인덱스 제거 네 건입니다. **원장 데이터는 건드리지 않고 파생·인덱스 계층만 바꾸므로 3자 대조 정합성이 유지됩니다.**

서면 승인을 요청드립니다. 승인해 주시면 이 판본이 5주차 이후 구현의 데이터 기준이 됩니다. 다르게 보시는 항목이 있으면 그 항목만 알려 주십시오.