

AI 기능 기술 분석 보고서

(AI Feature Technical Specification)

1. 개요 (Overview)

1.1 문서 목적

본 문서는 **Dash 알고리즘 학습 플랫폼**에 탑재된 핵심 AI 기능의 기술적 구현 상세, 내부 로직, 그리고 데이터 처리 흐름을 정의합니다. 개발팀, 기획팀, 그리고 유지보수 담당자가 AI 시스템의 작동 원리를 명확히 이해하고, 향후 고도화 및 최적화의 기준 (Baseline)으로 삼는 것을 목적으로 합니다.

1.2 분석 범위

본 보고서는 다음 4가지 핵심 AI 기능을 다룹니다:

- AI 코드 리뷰:** 제출 코드 정적/논리 분석
- AI 튜터 채팅:** 소크라테스식 학습 가이드
- 학습 경로 추천:** 데이터 기반 커리큘럼 설계
- 반례 생성기:** 적대적 테스팅 및 오류 검증

또한, 이를 지탱하는 공통 기술 스택과 아키텍처 의사결정(Technical Decisions)에 대해서도 상세히 기술합니다.

목차 (Table of Contents)

- [개요 \(Overview\)](#)
- [기술적 의사결정 \(Technical Architecture Decisions\)](#)
- [AI 코드 리뷰 \(AI Code Review\)](#)
- [AI 튜터 채팅 \(AI Tutor Chat\)](#)
- [학습 경로 추천 \(Learning Path Recommendation\)](#)
- [반례 생성기 \(Counter Example Generator\)](#)

3. 기술적 의사결정 (Technical Architecture Decisions)

본 프로젝트의 AI 아키텍처 설계 과정에서 이루어진 주요 기술적 의사결정과 그 배경입니다.

3.1 No-Framework 채택 (LangChain/LangGraph 미사용)

- Decision:** LangChain이나 LangGraph와 같은 고수준 프레임워크를 배제하고, **google-genai** SDK를 직접 사용하는 **Pure Implementation** 방식을 선택했습니다.
- Rationale:**
 - 정밀한 토큰 제어:** 튜터 서비스의 History Slicing(10개), Code Truncation(2000자) 등 저수준 제어를 명확히 수행하기 위함입니다.
 - 오버헤드 제거:** 단순한 Request-Response 구조에서 프레임워크 오버헤드를 제거하여 응답 속도를 최적화했습니다.

3. 명시적 파이프라인: 데이터 흐름을 코드 레벨에서 직관적으로 파악하여 디버깅 용이성을 확보했습니다.

3.2 Gemini 3 모델 및 Thinking Mode 도입

- **Decision:** Gemini 3 Flash Preview 모델 선정 및 thinking_level="high" 적용.
- **Rationale:**
 1. **Logical Accuracy:** 내부 사고(Chain of Thought) 과정을 통해 코드 분석의 논리적 정확도를 비약적으로 향상시켰습니다.
 2. **Simulation Capability:** 반례 생성 시, 모델이 내부적으로 코드를 가상 실행(Trace)하여 검증할 수 있습니다.

3.3 Native Structured Output (Pydantic Integration)

- **Decision:** Pydantic 모델을 활용한 Schema Forced Generation 사용.
- **Rationale:**
 1. **Stability:** 100% 타입 안전한 JSON 응답을 보장하여 파싱 에러로 인한 재시도(Retry) 로직을 제거했습니다.
 2. **Maintainability:** Python 클래스 정의가 곧 API 명세서 역할을 하여 문서 관리 비용을 절감했습니다.

4. AI 코드 리뷰 (AI Code Review)

제출된 코드의 복잡도 및 핵심 로직 자동 분석 (Line-by-Line)

4.1 서비스 로직 상세 (Internal Logic)

Service: [ReviewService] (file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/review_service.py#9-57)
([review_service.py] (file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/review_service.py))

1. **Line Number Injection:** 원본 코드 각 줄에 "{line_number}: " 형식의 인덱스를 강제로 주입하여, AI가 특정 라인을 정확히 참조(Reference)할 수 있도록 전처리합니다.
2. **Prompt Formatting:** 코드 전문을 마크다운 블록으로 감싸고, 기술적 분석가(Expert Analyst) 페르소나를 주입합니다.

4.2 데이터 플로우 (Data Flow)

```
sequenceDiagram
    participant User
    participant Frontend (CodeViewer)
    participant Backend (Worker)
    participant AIServer (ReviewService)

    User->>Frontend: 코드 보기
    Frontend->>Backend: 코드 조회 요청
    Backend->>AIServer: /review (코드 원문)
    Note over AIServer: [전처리] 라인 번호 주입
    (1: code...)
    Note over AIServer: [Prompting] 분석가 페르소나
    AIServer->>Backend: ReviewResponse JSON
    Backend->>Frontend: 코드 + AI 주석(Annotation) 데이터 반환
```

4.3 데이터 스키마 (Data Schema)

Response ([ReviewResponse])(file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/schemas/review.py#133-160))

- **algorithm** (Object): 패턴(patterns) 및 직관적 설명(intuition)
 - **keyBlocks** (List): 핵심 로직 블록. **startLine**, **endLine**으로 프론트엔드 하이라이팅 지원
 - **complexity** (Object): 정규화된 시간/공간 복잡도 표기 ($[O(N)]$)
(file:///Users/yongsu/ssafy/dash/frontend/src/router/index.js#4-5), $[O(1)]$
(file:///Users/yongsu/ssafy/dash/frontend/src/router/index.js#4-5) 등)
-

5. AI 튜터 채팅 (AI Tutor Chat)

답을 알려주는 대신, 스스로 생각하게 만드는 *Client-managed Multi-turn* 튜터

5.1 서비스 로직 상세 (Internal Logic)

Service: [TutorChatService](file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/tutor_chat_service.py#12-73)
([tutor_chat_service.py](file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/tutor_chat_service.py))

1. Context Construction:

- **Token Optimization:** 코드는 앞부분 **2000자**까지만 절삭(Truncation)하여 전송합니다.
- **Dynamic Status Prompting:** 문제 풀이 상태(Solved/Wrong)에 따라 칭찬/격려 또는 디버깅 힌트 제공 모드로 자동 전환됩니다.

2. History Management:

- **Stateless Design:** 서버는 대화를 저장하지 않으며, 클라이언트가 전달한 **최근 10개** 메시지만을 사용하여 문맥을 재구성합니다.

5.2 데이터 플로우 (Data Flow)

```
sequenceDiagram
    participant Frontend
    participant Backend ("TutorService")
    participant Gemini ("LLM")

    Note over Frontend: History List
    [Q1, A1, Q2]
    Frontend->>Backend: POST /tutor/chat
    (msg="Q3", history=[Q1,A1,Q2])
    Backend->>Backend: [Logic] History Slice (-10)
    [Logic] User Context & Code Insert
    Backend->>Gemini: Messages [Sys, Q1, A1, Q2, Q3]
    Gemini->>Backend: JSON { reply: "...", questions: [] }
    Backend->>Frontend: Response
    Note over Frontend: Append A3 to History
```

5.3 데이터 스키마 (Data Schema)

Response ([TutorChatResponse])(file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/schemas/tutor_chat.py#33-41))

- **reply** (str): 소크라테스식 답변 텍스트
- **teachingStyle** (str): 교수법 메타데이터 (Default: "socratic")
- **followUpQuestions** (List[str]): 학습 지속을 유도하는 추천 질문 리스트

6. 학습 경로 추천 (Learning Path Recommendation)

사용자 데이터 기반 개인화 4단계 커리큘럼 생성

6.1 서비스 로직 상세 (Internal Logic)

Service: [LearningPathService] (file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/learning_path_service.py#9-72) ([learning_path_service.py] (file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/learning_path_service.py))

1. Data Aggregation:

- 태그 데이터 중 **Top 5** 강점/약점 태그만 선별하여 프롬프트 노이즈를 줄입니다.
- Solved.ac Class 정보를 요약 포맷팅하여 현재 수준을 객관적으로 전달합니다.

2. Curriculum Structuring:

- 데이터에 기반하여 **4-Phase** 로드맵(기초-유형-심화-실전)을 구조적으로 생성합니다.

6.2 데이터 플로우 (Data Flow)

```
sequenceDiagram
    participant User
    participant Backend (AnalysisService)
    participant AIServer (LearningPathService)

    User->>Backend: 커리큘럼 요청
    Backend->>Backend: [Agg] 통계 데이터 집계
    (Tier, Class, Top-5 Tags)
    Backend->>AIServer: /learning-path (Processed Stats)
    Note over AIServer: [Prompt] "컨설팅 리포트 작성"
    AIServer->>Backend: LearningPathResponse JSON
    Backend->>User: 4단계 로드맵 카드 UI
```

6.3 데이터 스키마 (Data Schema)

Response ([LearningPathResponse])

(file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/schemas/learning_path.py#99-138))

- **phases** (List): 4단계 학습 페이즈. 기간(**durationDays**), 목표 문제수(**targetProblems**), 기간별 집중 태그 (**focusTags**) 포함
- **strategicAdvice** (str): 다음 티어 진입을 위한 구체적 행동 지침

7. 반례 생성기 (Counter Example Generator)

틀린 코드에 대한 적대적 테스팅(Adversarial Testing) 및 반례 생성

7.1 서비스 로직 상세 (Internal Logic)

Service: [DebugService](file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/debug_service.py#9-40)
([debug_service.py](file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/services/debug_service.py))

- Adversarial Prompting:** 단순한 오류 분석을 넘어, 코드를 실패시키는 **입력값(Input)** 발굴을 최우선 목표로 설정 합니다.
- Thinking Mode:** Gemini 3의 높은 추론 능력을 활용, 에지 케이스(0, 음수, 최대값 등)를 집중 공략합니다.

7.2 데이터 플로우 (Data Flow)

```
sequenceDiagram
    participant User
    participant Backend
    participant AIServer

    User->>Backend: 반례 요청 (오답 코드)
    Backend->>AIServer: /debug/counter-example
    Note over AIServer: [Logic] 1. 코드 분석
    2. 엣지 케이스 생성
    3. 검증(Simulation)
    AIServer->>Backend: CounterExample JSON
    Backend->>User: Input Box & Reason
```

7.3 데이터 스키마 (Data Schema)

Response ([CounterExampleResponse](file:///Users/yongsu/ssafy/ai/app/schemas/debug.py#25-34))

- input** (str): 반례 입력값 (Copy-Paste Ready)
- expected** (str): 정답 출력
- predicted** (str): 오답 코드의 예상 출력
- reason** (str): 논리적 실패 원인 설명