KAFKA · EVENT-DRIVEN ARCHITECTURE

# MSA 조회 병목을 줄이기 위한 Kafka 실시간 이벤트 데이터 동기화 전략

서비스별 DB 분리로 발생한 N+1 트래픽 병목과 데이터 정합성 문제를 Kafka 이벤트 동기화 구조로 개선했습니다.

| 도메인 | 담당 영역 |
| --- | --- |
| **MSA 데이터 동기화 / WMS** | **Kafka 이벤트 설계·동기화 구조** |
| **핵심 문제** | **주요 기술** |
| **N+1 외부 호출 / 데이터 정합성** | **Spring Kafka / MySQL / Redis / Docker** |

## 프로젝트 개요

MSA 환경에서 서비스별 데이터베이스가 분리되면서, 상품 서비스가 화주 정보를 조회하기 위해 매번 UserService를 호출하는 구조가 생겼습니다. 초기에는 Feign/Gateway 호출로 빠르게 구현했지만, 통합 조회 API에서 N+1 트래픽 병목과 데이터 정합성 문제가 반복될 수 있었습니다.

이를 해결하기 위해 UserService의 화주 생성·수정 이벤트를 Kafka로 발행하고, ProductService가 이벤트를 수신해 자체 DB에 필요한 참조 데이터를 복제하는 이벤트 동기화 구조로 전환했습니다. 조회 시 외부 호출을 제거하고, 장애·재처리 상황에서도 데이터가 꼬이지 않도록 멱등성과 키 기반 파티셔닝을 설계했습니다.

## 기술 스택

**Spring Boot 3.x** **Spring Kafka** **Spring Cloud Gateway** **Eureka**
**Spring Data JPA** **MySQL 8** **PostgreSQL** **Redis** **Apache Kafka 2.8.1**
**Zookeeper** **Docker** **GitHub Actions**

## 구조 개선 아키텍처


UserService가 화주 변경 이벤트를 Kafka로 발행하고, ProductService는 이벤트를 소비해 자체 DB에 참조 데이터를 복제합니다. 상품+화주 통합 조회는 외부 호출 없이 ProductService 내부 DB에서 처리합니다.

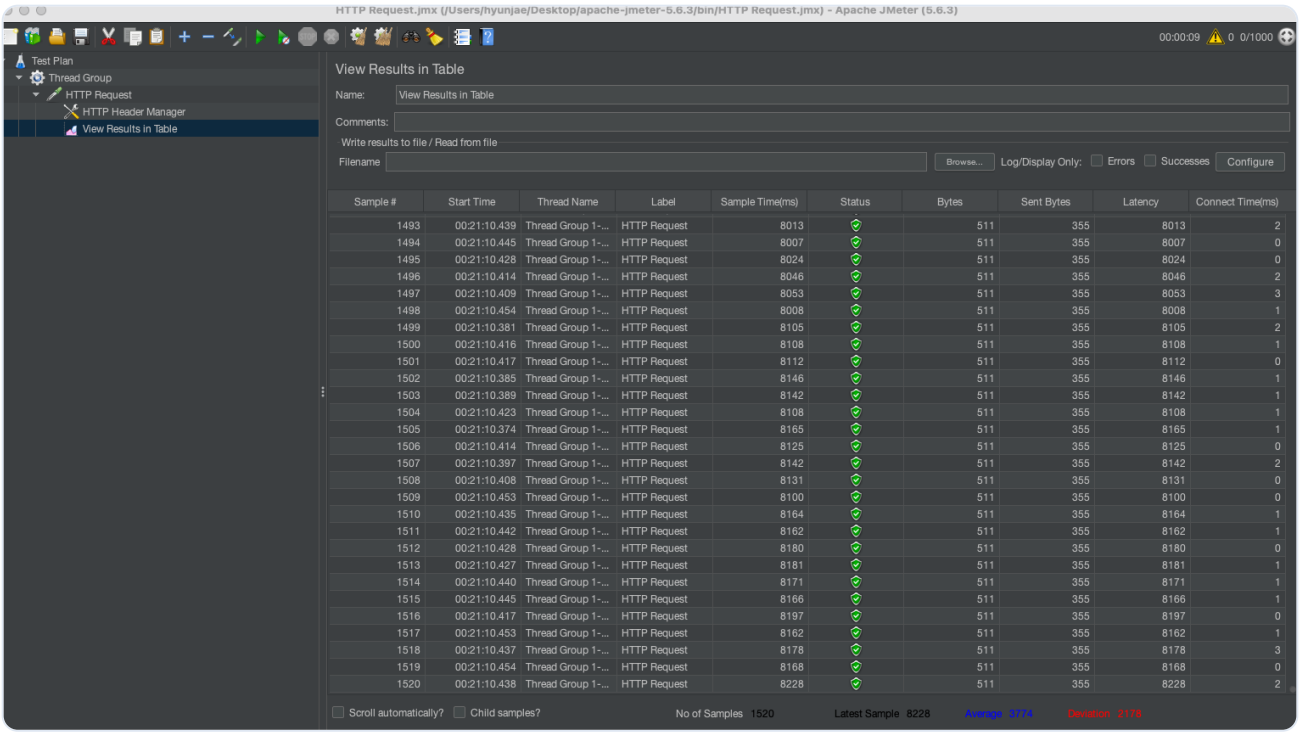
## 문제 상황과 성능 병목

### N+1 트래픽 병목

**/products/with-client** API는 상품과 화주명을 한 번에 보여주기 위해 상품마다 Feign → Gateway → UserService를 반복 호출했습니다. 동시 요청자가 증가하면 네트워크 호출과 DB 부하가 누적되어 서비스 전체 지연으로 확산될 수 있었습니다.

### 부하 테스트 결과

초기 20명/30건 요청에서는 약 120ms 수준이었지만, JMeter 1000명/1500건 동시 요청에서는 평균 3.7초, 최대 8초까지 응답 시간이 증가했습니다. 동기 API 호출 기반의 실시간 조인이 고동시성 상황에서 한계에 도달한 사례였습니다.




동시성이 높아질수록 N+1 패턴과 네트워크 병목이 응답 지연으로 나타났습니다.

## 핵심 설계 기준

### 1. 이벤트 동기화로 조회 경로에서 외부 호출 제거

**문제**

MSA의 서비스/DB 분리로 조인 쿼리가 불가능하고, Feign/REST 호출로 실시간 조인을 수행하면 N+1 패턴이 발생했습니다.

**선택**

UserService에서 화주 변경 이벤트를 Kafka로 발행하고, ProductService가 자체 DB에 복제해 조회 API는 내부 DB만 사용하도록 변경했습니다.

**효과**

Feign 호출 제거, 서비스 간 결합도 감소, 신규 서비스 추가 시 이벤트 구독만으로 확장 가능한 구조를 확보했습니다.

### 2. 데이터 일관성과 장애 복구 우선 설계

**문제**

컨슈머 장애, 네트워크 단절, 중복 이벤트, 재처리 상황에서 데이터가 꼬이면 운영자가 직접 DB를 수정해야 하는 문제가 생깁니다.

**선택**

Producer에 **enable-idempotence**, **acks: all**, retry 설정을 적용하고 Consumer에는 멱등 처리와 수동 오프셋 커밋 기준을 두었습니다.

**근거**

Kafka는 대용량 메시지 처리뿐 아니라 장애 복구와 데이터 정합성까지 같이 설계해야 운영 환경에서 의미가 있습니다.

### 3. Key 기반 파티셔닝으로 순서 보장

**문제**

동일 화주에 대한 생성·수정 이벤트가 서로 다른 파티션에서 처리되면 역순 반영 위험이 있습니다.

**선택**

동일 키의 이벤트가 동일 파티션으로 들어가도록 설계해 같은 화주 데이터의 처리 순서를 보장했습니다.

**효과**

병렬 컨슈머로 처리량을 확장하면서도 같은 키 범위 안에서는 순서를 유지할 수 있었습니다.

## 정리

| 항목 | 개선 전 | 개선 후 |
| --- | --- | --- |
| 조회 구조 | 상품별 외부 서비스 반복 호출 | 자체 DB 기반 통합 조회 |
| 성능 병목 | Feign/Gateway/DB 네트워크 병목 | 조회 경로 외부 호출 제거 |
| 정합성 | 즉시 조회에 의존 | Kafka 이벤트 기반 eventual consistency |
| 장애 복구 | 실패 시 수동 복구 위험 | 멱등성, 재처리, 파티셔닝 기준 적용 |