

# 생성형 AI와 클라우드 네이티브 기술을 활용한 시민 참여형 스마트 시티 플랫폼 설계 및 구현

하인우, 서다솜, 정현주, 한여진, 황연주, 윤수연\*

국민대학교, \*국민대학교

herb00@kookmin.ac.kr, dalce1@kookmin.ac.kr, wjd04@kookmin.ac.kr, hanyj0317@kookmin.ac.kr,  
rhdwn1804@kookmin.ac.kr, \*1104py@kookmin.ac.kr

## Design and Implementation of a Citizen-Participatory Smart City Platform Leveraging Generative AI and Cloud-Native Technologies

In Woo Ha, Da Som Seo, Hyeon Ju Jeong, Yeo Jin Han, Yeon Ju Hwang, Soo-Yeon Yoon\*

Kookmin Univ., \*Kookmin Univ.

### 요약

스마트 시티의 성공적인 정착을 위해서는 시민의 자발적 참여가 필수적이나, 기존 텍스트 중심의 민원 시스템은 접근성이 낮고 사용자 유입에 한계를 보인다. 본 논문에서는 이를 해결하기 위해 생성형 AI(Generative AI) 기반의 시각화 기술과 게이미피케이션 전략을 결합한 시민 참여형 모바일 플랫폼을 제안한다.

제안하는 시스템은 시민의 텍스트 제안을 AI 이미지로 변환하여 직관적인 정책 아이디어를 도출하며, 챌린지 및 보상 시스템을 통해 지속적인 참여를 유도한다. 특히, 대규모 트래픽 변동에 유연하게 대응하기 위해 Spring Boot 기반의 마이크로서비스 아키텍처(MSA)를 설계하고 Kubernetes 환경에 구축하였다. 데이터 계층에서는 CQRS 패턴을 고려한 읽기/쓰기(Read/Write) DB 분리와 Redis 캐싱 전략을 적용하여, 게시물 폭주 상황에서도 안정적인 조회 성능과 데이터 무결성을 보장하도록 구현하였다. 본 연구는 최신 클라우드 네이티브 기술과 AI를 접목하여 낙후 지역 및 신도시 개발 과정에서 발생하는 주민의 불편 사항과 개선 사항을 수집함으로써 지역 발전을 위한 의견 수렴 창구로써의 역할을 수행하며, 시민 참여 활동이 지역 내 경제 활동 활성화로 이어지는 선순환 메커니즘을 구축한다.

### I. 서론

스마트시티는 도시 인프라 전반에 ICT 기술을 적용하여 도시 운영 효율성과 시민 삶의 질을 동시에 향상시키는 것을 목표로 하며, 최근에는 단순 센서 데이터 수집을 넘어 시민이 직접 도시 의사결정 과정에 참여하는 시민 참여형 플랫폼에 대한 요구가 증가하고 있다. 그러나 기존의 민원 및 제안 시스템은 절차가 복잡하고 접근성이 낮아 특히 MZ 세대와 같은 젊은 계층의 지속적인 참여를 이끌어내는 데 한계를 보이고 있다.

한편, 생성형 AI의 발전으로 자연어 입력을 구체적 이미지로 재구성하는 것이 가능해짐에 따라, 새로운 형태의 시민 의견 수집 방식이 가능해지고 있다.

기존 연구에서는 온라인 설문, 커뮤니티 포털 등을 활용한 스마트 시티 의견 수렴 플랫폼과 포인트·배지 시스템을 활용한 시민 참여형 서비스들이 제안되어 왔다[2][3]. 그러나 위치 기반 도시 이슈 제안, 생성형 AI 기반 시각화, 게이미피케이션, 그리고 클라우드 네이티브 인프라를 통합적으로 설계·구현한 사례는 제한적이다.

본 논문에서는 지도 기반 인터페이스와 생성형 AI를 결합하고, 챌린지 및 배지 시스템을 적용한 시민 참여형 스마트시티 플랫폼을 제안한다. 특히 MSA와 큐버네티스 기반의 인프라 설계를 통해 서비스의 확장성과 데이터 처리의 효율성을 확보함으로써, 실질적이고 지속 가능한 참여형 플랫폼 구현 방안을 제시한다.

### II. 시스템 설계

#### 2.1 게이미피케이션 전략 및 보상 메커니즘에 대한 관련 연구

본 플랫폼에서는 사용자의 동기 부여를 돋기 위해 게이미피케이션 전략이 활용된다. 게이미피케이션이란 게임이 아닌 분야에 게임의 요소인 미션, 보상 등을 접목하여 사용자들의 참여와 몰입을 유도하고 동기를 부여하는

전략이며, 성취감과 자율성과 같은 심리적 욕구를 충족시킴으로서 사용자 참여도를 증대시키는 전략이다. 기존 연구에서는 해당 전략이 궁극적으로 플랫폼 재접속률을 크게 높이는 것이 검증되었으며, 실제 Fibit 플랫폼 이용자 276명을 대상으로 한 연구 결과에 따르면 사용자 참여도 변화의 약 70.7%를 게이미피케이션 전략이 좌우했으며 그 중 배지와 같은 성취 및 진행 요소의 영향력이 좌우한 것이 드러났다[4].

이에 따라 본 플랫폼에서는 시민들에게 다소 복잡하다고 여겨질 수 있는 지점을 구체적인 미션의 형태인 주간 미션, 챌린지 기능으로 제공함으로써 쉽게 접근할 수 있도록 하고, 포인트라는 즉각적인 보상을 부여하는 것이 효과적일 것이라 판단하였다. 그리고 더 나아가 해당 포인트를 지역 화폐로 교환하는 서비스를 구축하고자 한다. 기존 연구를 통해 지역 화폐를 통한 소상공인으로의 매출 전환은 26~29%의 추가 소비 창출 효과까지 이끌어내는 것으로 드러났다. 5~10%의 지역 화폐 할인 효과가 소비 심리의 변화를 이끌어내어 지역 경제 자체의 총 소비를 증가시키는 효과를 불러온 것이다[5]. 이러한 지역 보상은 앞서 언급한 경제적 효과와 더불어 이용자들의 장기적인 플랫폼 이용에 기여할 것이다.

#### 2.2. 서비스 시스템 설계

##### 2.2.1. 계층형 아키텍처 및 클라이언트 구현

본 플랫폼의 서비스 아키텍처는 다수의 사용자가 동시에 위치 기반 게시물과 AI 이미지를 생성·열람하는 특성을 갖기 때문에, 클라이언트·백엔드 데이터 저장소·외부 서비스를 느슨하게 결합한 계층형 구조로 설계하였다.

사용자는 Flutter 기반 모바일 클라이언트를 통해 지도 화면에서 주변 이슈를 탐색하거나 게시물을 생성하며, 이 과정에서 Naver Map API와 연동된 지도 UI를 통해 위치 정보를 직관적으로 선택한다. 게시물 작성 시에

는 이미지 생성 API를 호출하여 사용자의 텍스트 프롬프트를 기반으로 제안 이미지를 생성하고, 생성된 이미지는 Object Storage에 저장된 뒤 게시물 데이터와 연계된다. 이와 같은 클라이언트-외부 서비스 분리는 모바일 단말의 연산 부담을 줄이고, AI 모델이나 지도 엔진이 변경되더라도 최소한의 클라이언트 업데이트로 기능을 교체할 수 있다는 장점이 있다.

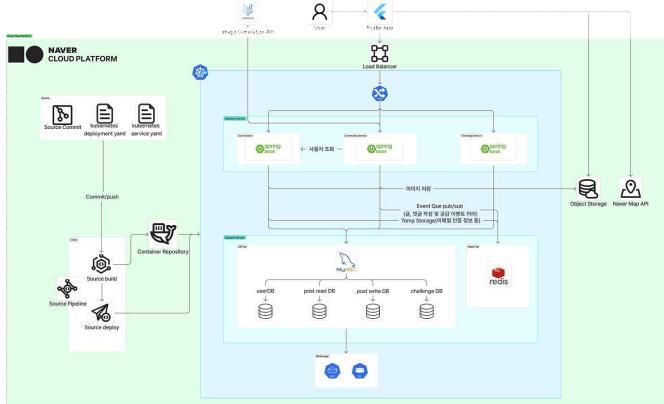


그림 1. 스마트 시티 플랫폼 시스템 아키텍처

### 2.2.2. 마이크로서비스 기반 백엔드 구성

백엔드 계층은 변화가 잦은 시민 참여 기능을 유연하게 확장하기 위해 Spring Boot 기반의 마이크로서비스 아키텍처로 구성하였다.[6] 그림 1과 같이 사용자 관리(User Service), 게시물 관리(Post Service), 챌린지·미션 관리(Challenge Service)를 각각 독립 서비스로 분리함으로써, 도메인별 장애를 격리하고 기능별로 상이한 배포 주기를 적용할 수 있도록 했다. User 서비스는 회원가입, 로그인, 프로필 수정, 베지·포인트 조회 등 계정 및 권한 관련 기능을 담당하며, JWT 기반 인증을 통해 각 서비스에 대한 접근을 제어하여 인증·인가 로직을 단일 책임으로 유지한다. Post 서비스는 게시물 작성·수정·삭제, 위치 기반 조회, 공감(Empathy) 처리 등 고빈도 읽기/쓰기 연산을 담당하고, Challenge 서비스는 미션 생성·참여 완료 여부를 관리하면서 이벤트 큐(pub/sub)를 통해 포인트 적립·베지 발급을 비동기 처리함으로써 핵심 트랜잭션의 응답 지연을 최소화한다.

### 2.2.3. 데이터 측면화 전략

데이터 계층은 MySQL을 사용하여, 읽기 위주의 조회 트래픽과 쓰기 중심의 생성·수정 트래픽이 동시에 발생하는 패턴을 고려하여 userDB, post read DB, post write DB, challenge DB를 분리하였다. 이러한 분리는 게시물 작성이 단기간에 폭주하더라도 읽기 전용 post read DB를 통해 저도·피드 조회 응답 시간을 안정적으로 유지하기 위한 설계이다. Redis는 공감 수, 랭킹, 알림 등 실시간성이 요구되는 데이터를 캐싱하여 조회 성능을 향상시키고, 이메일 인증 정보 등 단기성 데이터를 위한 임시 저장소로 활용함으로써 데이터베이스 부하를 줄이고 사용자 체감 지연을 최소화하는 역할을 한다.

## III. 결론 및 향후 연구

본 서비스는 트렌디한 UI와 챌린지 기반 인터페이스를 통해 사회 참여 및 의견 공유에 대한 심리적 장벽을 낮춤으로써, 특히 MZ 세대의 참여 기회를 확대하는 것을 목표로 한다. 형식적이고 구조화된 의견 제안 방식에서 벗어나 직관적이고 가벼운 소통 창구를 제공함으로써, 자발적이고 적극적인 시민 참여를 위한 새로운 의견 교류의 장을 형성한다. 또한, AI 기반 이미지 생성 기술을 통해 시민의 요구사항을 시각적으로

표현함으로써 추상적인 의견을 보다 구체적이고 가시적인 형태로 수집할 수 있다. 이는 정책 및 도시 개선 과정에서 시민의 실질적 니즈를 효과적으로 반영하는 데 기여한다.

본 플랫폼은 지자체 주관 관광 사업과의 협업을 통해 더 나은 관광지로서의 발전과 긍정적인 지역 이미지 제고에 활용될 수 있으며, 관광객 유치와 재방문율 증가를 통해 지역 사회 활성화를 도모할 수 있다. 더불어, 낙후 지역 및 신도시 개발 과정에서 주민의 불편 사항과 개선 사항을 수집함으로써 지역 발전을 위한 의견 수렴 창구로써의 역할을 수행할 수 있다. 마지막으로, 시민 참여 활동에 대한 보상을 지역 화폐와 연계함으로써 지역 내 소비 촉진 및 소상공인 매출 증대 효과를 기대할 수 있다. 이를 통해 시민 참여 활동이 지역 내 경제 활동 활성화로 이어지는 선순환 메커니즘을 구축한다.

구현된 프로토타입은 UI·UX, 게이미피케이션, 데이터 아키텍처, 배포 인프라 측면에서 기술적 실현 가능성을 보였으나, 실제 지자체와의 연계 운영, 장기간에 걸친 사용자 참여 데이터 수집, 정책 반영 효과에 대한 정량적 검증은 향후 과제로 남아 있다.

향후에는 실제 지자체와 협력하여 시민 서비스를 운영하고, 참여율·재방문율·의견 반영도 등 지표를 기반으로 플랫폼의 사회적 효과를 검증하고자 한다. 더 나아가, 다양한 도시 유형과 정책 영역에 적합한 게이미피케이션 전략과 AI 모델 구성을 비교·분석함으로써, 재사용 가능한 시민 참여형 스마트 시티 플랫폼 설계 지침을 제시하는 것을 목표로 한다.

## ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 2022년 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 SW중심 대학사업의 연구결과로 수행되었음.(2022-0-00964)

This research was supported by the MIST(Ministry of Science, ICT), Korea, under the National Program for Excellence in SW, supervised by the IITP(Institute of Information & communications Technology Planning & Evaluation) in 2022 (2022-0-00964)

## 참 고 문 헌

- [1] D. R. Vogel, G. W. Dickson, and J. A. Lehman, "Persuasion and the role of visual presentation support: The UM/3M study," , 1986.
- [2] 구유리, 이선민, "공공서비스 및 정책 분야 게이미피케이션 (gamification) 의 활용을 통한 국민참여 증진을 위한 UX 디자인 전략 개발," Archives of Design Research, Vol.30, No.4, pp.87 - 106, 2017.
- [3] B. Allen, L. E. Tamindael, S. H. Bickerton, and W. Cho, "Does citizen coproduction lead to better urban services in smart cities projects? an empirical study on e-participation in a mobile big data platform," Government Information Quarterly, Vol.37, No.1, pp.101412, 2020.
- [4] P. Bittián, I. Buil, and S. Catalán, "Enhancing user engagement: The role of gamification in mobile apps," Journal of Business Research, Vol.132, pp.170 - 185, 2021.
- [5] 김영철, "지역화폐 도입의 지역경제 영향에 관한 연구: 학술적 평가와 점검," 한국경제연구, Vol.39, No.3, pp.67 - 94, 2021.
- [6] J. Thönes, "Microservices," IEEE Software, Vol.32, No.1, pp.116, 2015.