응용 시나리오별 엣지 아키텍처 비교 평가: 저지연·대역폭·오케스트레이션 관점의 정량 분석

Firstname Lastname (Kookmin University) · author@example.com

# 초록

본 연구는 엣지 컴퓨팅의 다양한 아키텍처(Cloudlet/MEC, 이기종 Edge/Fog, Edge–Cloud Federation)를 응용 시나리오별(모바일 게이밍/AR, V2X, 도시감시 비디오 분석, 원격 헬스)로 체계 비교한다. 핵심 KPI(종단간 지연·지터, 백홀 절감율, 처리량, 에너지, 오케스트레이션 지연/복구시간, 서비스 연속성)를 설정하고, 가상화(베어메탈/컨테이너/VM), 오프로딩 분할, SDN/NFV 오케스트레이션을 통제 변수로 요인설계를 수행한다. 테스트베드 기반 정량 실험과 통계/모델 결합 분석을 통해 시나리오 조건별 최적 아키텍처 조합과 튜닝 가이드라인을 제시한다.

# 키워드

Edge Computing, MEC, Fog, Federation, Offloading, SDN/NFV, Low Latency, Bandwidth Reduction

# 1. 서론

엣지 컴퓨팅은 초저지연·대역폭 절감·프라이버시 요구가 높은 응용에서 효과적이다. 그러나 아키텍처별(Cloudlet/MEC, 이기종 Edge/Fog, Edge–Cloud Federation) 성능과 운영상 트레이드오프를 시나리오별로 일반화한 근거는 부족하다. 본 연구는 응용 요구(지연/지터/이동성/프라이버시)와 인프라 제약(배치/전력/이기종), 오케스트레이션 비용을 아우르는 비교 프레임을 제시한다.

# 2. 연구 질문 및 공헌

* RQ1: 시나리오별 KPI에서 어떤 아키텍처가 우월한가?
* RQ2: 가상화(컨테이너 vs VM)가 지연·지터에 미치는 효과는?
* RQ3: 연산 확장이 원거리 RTT를 상쇄하는가?
* RQ4: 이동성 상황에서 마이그레이션 정책이 QoE에 미치는 영향은?

공헌: (i) 아키텍처–시나리오 매트릭스와 공통 KPI 정의, (ii) 재현 가능한 테스트베드와 요인설계, (iii) 통계/모델 결합 분석으로 일반화 결과, (iv) 조건별 최적 아키텍처/튜닝 가이드라인.

# 3. 방법론

아키텍처: (A1) Cloudlet/MEC, (A2) 이기종 Edge/Fog(단말 협력 포함), (A3) Edge–Cloud Federation.

시나리오: (S1) 모바일 게이밍/AR, (S2) V2X, (S3) 도시감시 비디오 분석, (S4) 원격 헬스.

무선: Wi‑Fi 6/6E, 5G SA. 가상화: 베어메탈, 컨테이너, VM(KVM). 오케스트레이션: Kubernetes(+KubeVirt), SDN(ONOS/OVS), NFV(MANO 유사).

KPI: E2E 지연(=처리+재생+RTT), 지터, 프레임/PSNR(VMAF), 백홀 절감율, CPU/GPU/전력, 오케스트레이션 지연·복구시간, 세션 연속성.

분석: 혼합효과모형, ANOVA, 생존분석, 큐잉 기반 지연 모델, 민감도 분석.

# 4. 예상 결과와 파급효과

초저지연 시나리오(S1/S2)에서 A1이, 대역폭 집약·프라이버시 시나리오(S3/S4)에서 A2/A3가 유리할 것으로 예상한다. 결과는 조건별 설계 가이드라인과 비용–성능 트레이드오프를 제공한다.

# 5. 한계 및 윤리

무선 변동성은 반복 측정·시간대 분산으로 관리하고, 프라이버시는 온디바이스 블러·익명화로 보장한다.

# 감사의 글

(선택) 본 연구는 OO사업/과제의 지원을 받았습니다(번호: XXXX).

# 참고문헌

1. 핵심 선행연구 A.
2. 핵심 선행연구 B.
3. 핵심 선행연구 C.