

# 스마트 지속가능시터를 위한 ICT 융합기술 적용 방안

김가영, 김나현, 백지연, 이병주  
인천대학교

{9907kgy, nhit0410, qorwldusdl, bjlee}@inu.ac.kr

## Application of ICT Convergence Technology for Smart Sustainable City

Ga-Yeong Kim, Na-Hyun Kim, Ji-Yeon Baek, Byungju Lee  
Incheon National University

### 요 약

스마트 지속가능시터의 성숙도 레벨을 높이기 위해서는 ICT 융합기술을 다양한 스마트시티 분야에 적용하는 것이 필수적이다. 본 논문에서는 5세대 통신(5G) 및 차세대 통신 시스템에서 데이터를 분산 처리하여 초저지연 효과를 달성할 수 있는 모바일 에지 컴퓨팅 기술 동향을 살펴본다. 그리고 스마트 팩토리, 스마트 관광, 스마트 의료 분야에 모바일 에지 컴퓨팅 기술을 적용하여 도출될 수 있는 기대효과를 알아본다. 이를 통해 스마트 지속가능시터의 성숙도 레벨 향상과 더 높은 지속가능 발전 목표(SDG) 달성이 가능할 것으로 기대된다.

### I. 서 론

스마트시티에 대한 정의는 국가별 여건에 따라 다양하지만, 일반적으로 4차 산업혁명 시대의 혁신 기술을 활용하여 시민들의 삶의 질, 도시 운영의 효율성을 향상하는 동시에 새로운 산업을 육성하기 위한 플랫폼을 일컫는다. OECD는 이러한 스마트시티의 정의에서 더 나아가 지속가능성과 포용성을 강조한다.

국제전기통신연합(International Telecommunication Union, ITU)의 표준 문서 ITU-T Y.4904 [1]에선 스마트 지속가능시터(Smart Sustainable City, SSC)의 성숙도 모델(Maturity Model, MM)을 이용하여 도시의 ICT 발전에 따른 지속가능 발전 목표(Sustainable Development Goals, SDG) 달성을 측정한다. SSC-MM은 스마트 지속가능시터를 목표로 하는 도시의 발전 지침으로서 경제, 환경, 사회 세 가지 유형에서 5개의 성숙도 레벨을 가진 모델이다.

환경 유형의 성숙도 레벨에 따른 지표를 살펴보면, 레벨 1 이상은 세계보건기구(WHO) 노출 지침 준수, 도시 수자원 품질 등을 포함하고 있고, 레벨 2 이상은 스마트 수도/전기 계량기 가용성, 대기오염 모니터링 시스템 등을 포함한다. 레벨 3 이상은 ICT 하수 관리 시스템, ICT 기반 안전 시스템 등을 포함하고, 레벨 4 이상은 공공건물 통합 관리 시스템, 레벨 5 이상은 지식 집약적인 수출입을 포함한다. 표 1에는 ICT 인프라 주제에서의 성숙도 레벨 내용을 기술하였다.

Table 1 ICT 인프라 주제에서의 성숙도 레벨 [1]

성숙도 레벨	내용
1	ICT 기반 SSC 개발을 위한 명확한 로드맵이나 전략 계획이 준비되어 있다.
2	SSC 개발을 위한 운영과 활동을 지원하기 위해 SSC 계획을 ICT 인프라를 배치하는 도시의 SSC 전략과 일치시킨다.

3	특정 SSC 계획을 구축하고 ICT 인프라를 기반으로 SSC 서비스를 제공한다.
4	SSC 서비스를 제공하기 위해 시스템과 데이터가 통합되도록 한다. 사물인터넷, 클라우드 컴퓨팅, 인공지능 등을 적용하여 서비스 품질과 상호 운용성을 향상시킬 수 있다.
5	SSC의 장기적인 비전에 지속적으로 기여할 수 있도록 도시 관리의 효과와 효율성을 개선한다.

스마트 지속가능시터의 성숙도 레벨을 높이기 위해서는 사물인터넷(IoT), 증강현실(AR), 가상현실(VR), 빅데이터, 인공지능(AI), 차세대통신 등 다양한 ICT 융합기술 활용이 필수적임을 알 수 있다. 본 논문에서는 모바일 에지 컴퓨팅(Mobile Edge Computing, MEC)을 중심으로 스마트 지속가능시터를 위한 ICT 융합기술 적용 방안을 살펴본다.

### II. 모바일 에지 컴퓨팅 기술 동향

5G 네트워크와 사물인터넷 기술의 발전으로 스마트시티에서 사용되는 IoT 기기가 기하급수적으로 증가하고 처리해야 하는 데이터양도 급증하였다. 모든 데이터를 중앙 데이터 센터에서 처리하면 과도한 지연시간이 소요되거나 과부하가 걸리는 문제가 발생하게 된다. 또한, 스마트시티에서 빅데이터의 활용이 높아짐에 따라 대용량 데이터가 여러 컴퓨팅 서버에서 분산처리 되어야 할 필요가 생기고, 고성능 연산을 요구하는 확장현실, 모바일 홀로그램, 디지털 트윈 등과 같은 서비스는 네트워크 자원과 컴퓨팅 자원이 융합된 성능을 요구하고 있다. 이에 따라 최근 단말 가까이에서 위치하는 에지 컴퓨팅 서버가 데이터를 분산 처리하는 MEC 연구가 주목받고 있다.

MEC 기술은 데이터를 분산 처리하여 데이터 보안 강화 효과를 가지고, 중앙 데이터 센터로 전송하는 데이터 양을 줄여 지연시간과 과부하 현상을 감소시킬 수 있다. 그림 1과 같이 사용자 근처에 서버를 위치시키거나 단말

기기 자체가 데이터를 처리할 수 있게 하므로 기존의 중앙 컴퓨팅 방식보다 지연 시간을 상당히 줄일 수 있다. 하지만, 통신 링크가 차단되거나 MEC 에서 제공할 수 있는 자원의 규모가 서비스 요청보다 작아 서비스 혼잡 문제가 발생하게 되면 MEC 를 활용하기 어렵다. 따라서 통신과 연산의 모든 오버헤드 및 여러 서비스 특성을 반영하여 최적화해야 할 필요가 있다.

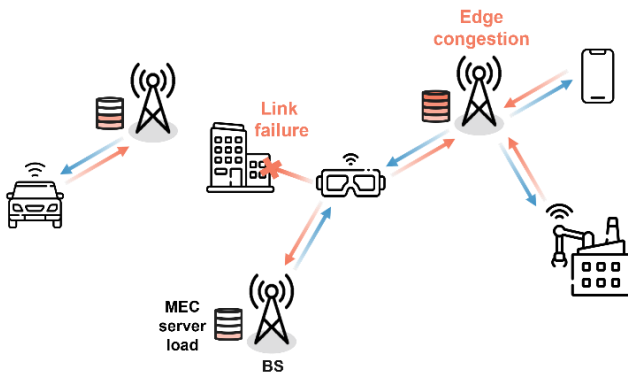


Figure 1 모바일 에지 컴퓨팅 활용 예시

### III. 스마트시티에서의 ICT 적용 및 기대효과

본 장에서는 스마트시티의 경제, 사회 분야에 MEC 기술을 적용하여 스마트 팩토리, 스마트 관광, 스마트 의료 등의 서비스 시나리오 및 기대효과를 살펴본다.

#### 3.1 스마트 팩토리

다양한 IoT 시스템과 클라우드 서버를 통해 정리된 데이터와 디지털 트윈 기술 등을 이용하여 공장의 생산설비 간의 소통을 위한 상호 연결과 데이터 구축을 마련할 수 있다. 이러한 동적이고 복잡한 환경에서 저지연성을 요구하는 데이터와 정밀분석을 요구하는 데이터를 분리하여 클라우드와 MEC 를 이용한 효율적인 운영을 통해 공장의 생산성을 향상시킬 수 있다. 이를 위해 저지연성을 요구하는 공장설비 제어 및 온도, 습도 조절 등은 MEC 에서 처리하고, 고도의 정밀 분석이 필요한 사고 위험 예측, 공장 설비 기기의 수명관리 등은 중앙 클라우드의 데이터 센터에서 처리하는 기술이 필요하다.

#### 3.2 스마트 관광

최근 증강현실 및 가상현실을 이용한 메타버스 플랫폼과 어플리케이션이 활성화되는 추세이고, 국내 관광업계에서도 이를 활용해 온라인 관광 홍보를 추진하고 다양한 관광 서비스를 제공하고 있다. 대용량의 가상 및 증강현실 응용프로그램 데이터를 기존의 중앙 데이터 센터에서만 처리한다면 네트워크의 저지연성과 안정성을 보장하기 어렵다. 이러한 가상 및 증강현실 기반 스마트 관광 서비스에서 가장 중요한 것은 처리된 데이터가 사용자에게 도달하는 지연시간을 최소화하는 것이다. 따라서 중앙 데이터센터보다 사용자에게 가까이 위치한 MEC 서버에서 해당 데이터를 처리하여 제공해준다면 지연시간을 줄이고 사용자의 서비스 품질(QoE)을 높일 수 있을 것이다. 또한, MEC 서버의 사용이 비디오 스트림에 대해 수행되는 분석에 유연성을 허용하여 무선 단말의 전력 최적화를 달성할 수 있게 하고, 잠재적으로 상당량의 데이터 비디오 스트림을 중앙 데이터센터의 클라우드 서버로 전송하지 않아도 되게 하여 백홀 트래픽을 절감할 수 있을 것이다.

#### 3.3 스마트 의료

전 세계적으로 인구 고령화와 만성질환자의 증가로 인한 의료비 증가 문제와 제한된 의료자원과 의료접근성

문제로 인해 스마트 의료에 대한 관심이 높아졌고, 빅데이터 정보관리 시스템의 발전으로 환자의 건강상태 관련 자료와 진료기록을 클라우드 저장공간에서 관리할 수 있게 되었다. 코로나-19 이후에는 의료 데이터 기반의 지능화된 의료 서비스인 스마트 헬스케어 서비스에 대한 관심이 높아지고, 원활한 비대면 진료와 개인 맞춤형 서비스를 제공하는 스마트 의료의 필요성이 부각되고 있다. 환자 개인의 건강관리 정보와 의료기관의 의료 정보를 통합하여 구축된 의료 빅데이터 인프라와 MEC 기술 적용을 통해 실시간 고품질의 의료 데이터 전송을 가능하게 하여 환자의 개인별 건강 정보와 질병상태 등을 실시간으로 관리하는 개인 최적화 맞춤형 의료 서비스가 가능해질 수 있다. 이로써 더 높은 수준의 스마트 의료 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

Table 2 스마트시티 적용 분야에 따른 서비스 기대효과

스마트시티 서비스	적용하는 ICT 융합기술	기대효과
스마트 팩토리 [3]	모바일 에지 컴퓨팅, 사물인터넷	IoT 시스템과 디지털 트윈을 기반으로 MEC 기술을 적용하여 공장의 생산성 향상
스마트 관광 [4]	모바일 에지 컴퓨팅, 증강현실, 가상현실	MEC 기술 적용을 통한 대용량 데이터의 지연시간 감소 및 사용자 QoE 증가
스마트 의료	모바일 에지 컴퓨팅, 빅데이터, 인공지능	빅데이터 인프라와 MEC 기술을 통해 개인 최적화 맞춤형 의료 서비스 제공

### IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 MEC 기술을 중심으로 사물인터넷, 증강현실, 빅데이터 등 다양한 ICT 기술의 접목을 통해 스마트 지속가능시티에서 제공할 수 있는 서비스와 기대효과를 살펴보았다. 이를 구현하기 위해 동적 최적화 모델을 활용한 계층적인 동적 코드 오프로딩 기술 개발과 인공지능 연산, 보안 기능이 강화된 MEC 구조 및 알고리즘 개발 관련 연구가 필요하다. 이러한 기술의 연구 및 적용이 스마트 시티의 더 높은 지속가능 발전 목표(SDG) 달성을 가능하게 할 것으로 예상된다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2021R1F1A1062156)

### 참 고 문 헌

- [1] ITU-T, "Smart sustainable cities maturity model," International Telecommunication Union, Standard, 2019, ITU-T Y.4904-201912
- [2] 김대원, 김선욱. (2022). 에지 컴퓨팅 기술 변화 및 표준 동향. 한국통신학회지(정보와통신), 40(1), 26-33.
- [3] 구설원, 임유진. (2022). MEC 기반 스마트 팩토리 환경에서 DRL 를 이용한 태스크 스케줄링. 한국정보처리학회 학술대회논문집, 29(1), 147-150.
- [4] 나지영, 황용준. (2022). 관광 산업 활성화를 위한 AR 메타버스 애플리케이션 디자인 연구. 한국디지털콘텐츠학회 논문지, 23(12), 2345-2354.