

스마트 지속가능시터를 위한 비전 기반 무선통신 기술 동향

김나현, 김가영, 심성훈, 이병주
인천대학교

{nhit0410, 9907kgy, tjdgns169, bjlee}@inu.ac.kr

Recent Trend of Vision-aided Wireless Communication Technologies for Smart Sustainable City

Na-Hyun Kim, Ga-Yeong Kim, Sung-Hoon Shim, Byungju Lee
Incheon National University

요 약

스마트 지속가능시터를 구현하기 위해서는 ICT 융합기술을 다양한 스마트시티 분야에 적용하는 것이 필수적이다. 본 논문에서는 5 세대 통신 (5G) 및 차세대 통신 시스템에서 고려하는 밀리미터파(mmWave) 및 테라헤르츠(THz) 대역에서 발생 가능한 가시선(LOS) 링크 차단 문제를 완화할 수 있는 비전 기반 무선통신 기술 동향을 살펴본다. 그리고 스마트 모빌리티, 스마트 안전, 스마트 물류 분야에 비전 기반 무선통신 기술을 적용하여 도출될 수 있는 기대효과를 알아본다. 이를 통해 스마트시티 서비스 분야의 ICT 관련 핵심성과지표를 향상하여 지속가능성을 고려한 발전을 할 수 있을 것으로 예상된다.

I. 서 론

스마트시티는 도시화가 심화됨에 따라 발생하는 인구 밀집, 교통 혼잡, 환경 오염과 같은 문제점을 해결하기 위해 정보통신기술(ICT)을 적용한 도시이다. 지속 발전가능한 스마트시터를 구현하기 위해 국가 차원에서 ICT 융합 기술을 적용하고자 노력하고 있다. 지금까지 스마트시티 분야에는 인공지능, 클라우드 컴퓨팅, 사물인터넷과 같은 ICT 기술들이 활용되어 왔다. 스마트시티에서 자율주행, 원격의료와 같은 서비스를 제공하기 위해서는 보다 낮은 지연시간, 높은 정확도 등의 향상된 성능이 요구된다. 국제전기통신연합 (International Telecommunication Union, ITU)의 표준문서 Y.4900/L.1600 [1]에서 규정한 스마트 지속가능시티 (Smart Sustainable City, SSC) 핵심성과지표 향상을 위해서는 현재 개발되고 있는 차세대 이동통신 기술 융합도 매우 중요하다.

5 세대 통신 (5G) 및 차세대 통신시스템인 6 세대 통신 (6G)에서는 이전 세대보다 고주파 대역을 사용하여 보다 넓은 대역폭 활용으로 높은 데이터 전송률을 얻을 수 있다. 하지만, 고주파 대역을 활용하는 경우에 높은 직진성으로 인하여 장애물이 있는 경우 링크가 차단될 수 있다.

본 논문에서는 고주파 대역 활용의 문제점을 해결하고 초저지연을 달성할 수 있는 비전 기반 무선통신 기술을 중심으로 스마트 지속가능시티 적용 시나리오 및 기대효과를 살펴본다.

II. 스마트 지속가능시티에서의 ICT 관련 핵심성과지표

스마트 지속가능시티는 정보통신기술과 그 외의 수단을 활용하여 삶의 질, 도시 운영의 효율성 등 환경 및 미래 세대의 요구를 충족시키는 혁신도시이다. 스마트시티 서비스는 모빌리티, 안전, 에너지, 의료, 헬스 등 다양한 분야를 포함한다.

ITU-T 표준 문서 Y.4900/L.1600 [1]에서는 스마트 지속가능시터를 위한 정보통신기술의 영향과 관련된 핵심성과지표의 개요를 다루고 있다. 표 1에 핵심성과지표의 세부항목 및 ICT가 스마트시티에 미치는 영향에 대한 내용을 기술하였다. 본 논문에서는 스마트 지속가능시티에서 ICT 핵심성과지표 향상을 위해 차세대 이동통신 기술 중 비전 기반 무선통신 기술을 살펴본다.

Table 1 ICT 관련 핵심성과지표 [1]

분류	세부 항목	내용
정보통신기술	· 네트워크 및 액세스 · 서비스 및 정보 플랫폼 · 정보 보안 및 개인 정보 보호 · 전자기장	ICT 솔루션 및 인프라
환경 지속가능성	· 공기질 및 CO ₂ 배출량 · 에너지 · 물, 토양 및 소음	ICT 사용이 환경에 미치는 영향
생산성	· 자본투자 · 무역 및 수출입 · 혁신 · 지식경제	ICT가 생산성에 미치는 영향
삶의 질	· 교육 · 건강 · 공공장소에서의 안전과 보안	ICT가 삶의 질에 미치는 영향
형평성 및 사회적 포용성	· 소득/소비 불평등 · 사회적/서열 불평등 · 개방성 및 공공참여 · 거버넌스	ICT가 형평성에 미치는 영향
물리적 인프라	· 인프라/서비스에 대한 연결 · 주거 환경 및 빌딩	ICT가 물리적 인프라에 미치는 영향

III. 비전 기반 무선통신 및 기대효과

3.1 비전 기반 무선통신

5G 통신시스템에서는 밀리미터파(mmWave), 6G 통신시스템에서는 테라헤르츠(THz) 대역을 활용하여 초고속 및 초저지연 요구사항을 만족하고자 한다.

mmWave 및 THz 대역에서는 높은 직진성으로 인하여 장애물로 인해 가시선 (LOS) 링크 차단이 발생하게 되면 네트워크의 성능이 상당히 저하될 수 있다. 최근에는 이러한 링크 차단 문제를 해결하기 위해 딥러닝 기술을 이용하여 정밀하게 빔포밍하는 기법들이 제안되었다 [2], [3]. [2]에서는 물체 감지기(카메라)와 GRU(Gated Recurrent Unit) 네트워크를 기반으로 연속적인 RGB 프레임과 mmWave 빔 시퀀스를 관찰하고, 미래 LOS 링크 차단을 학습할 수 있는 알고리즘을 사용해 사용자 핸드오프를 수행하는 솔루션이 제안되었다. 이러한 동적 차단 예측을 통해 사용자 핸드오프를 사전에 시작할 수 있도록 돕는다. 학습 알고리즘을 통한 미래 LOS 링크 차단 예측은 무선 통신에서 핸드오프 결정을 능동적으로 수행할 수 있도록 하여 불필요한 지연시간을 줄일 수 있다. 이와 같은 비전 기반 무선통신 기술을 통해 고주파 대역의 문제점을 완화하고 스마트시티 분야 핵심성과지표의 정보통신 기술, 생산성, 삶의 질 등 다양한 항목을 개선할 것으로 기대한다.

3.2 스마트시티에서의 비전 기반 무선통신 적용

본 절에서는 스마트 모빌리티, 스마트 안전, 스마트 물류 분야에 비전 기반 무선통신을 적용하여 도출될 수 있는 기대효과를 살펴본다.

(1) 스마트 모빌리티 (Smart mobility)

mmWave 나 THz 와 같은 고주파수 무선통신의 경우 빔포밍을 위한 안테나와 실시간으로 RGB 이미지를 수집하기 위한 카메라를 사용하여 이동 통신 사용자의 위치 예측이 가능하다. 이러한 기술을 기반으로 그림 1 과 같이 LOS 링크 차단이 예측되는 상황에서 빠르게 핸드오프를 수행하여 데이터를 처리할 수 있다. 또한 컴퓨터 비전을 활용한 통신을 통해 환경인지예측 시스템 구현이 가능하다. 따라서 스마트 모빌리티 분야에 앞서 언급한 기술을 도입하면 실시간으로 변화하는 도로 상황에서 미래 교통을 예측하고, 빠른 속도로 장애물을 파악할 수 있어 교통혼잡을 줄이고 미연의 사고를 방지할 수 있을 것이라 예상된다.

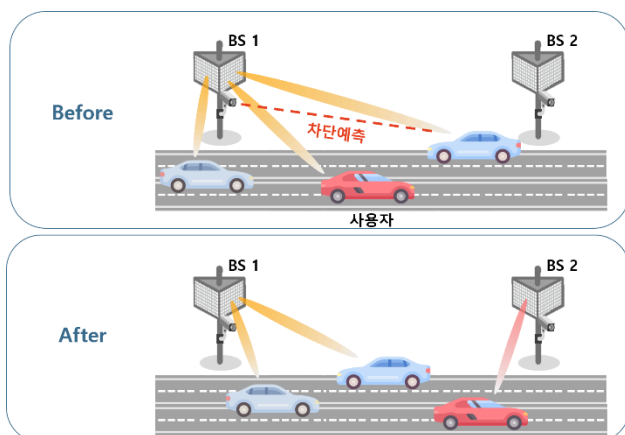


Figure 1 LOS 링크 차단 예측

(2) 스마트 안전 (Smart safety)

공공 안전을 개선하기 위해 컴퓨터 비전 기반 통신을 도시에 적용하면 도시 안에서 초저지연 및 고신뢰 네트워

크를 구축할 수 있을 것이다. 또한, 고정밀 빔포밍과 카메라를 이용하여 보다 정확하게 위치파악을 할 수 있기 때문에 위급상황 시 짧은 시간 안에 대응이 이루어질 수 있을 것으로 예상된다. 스마트폰으로 이미지를 수집하고 환경인지를 할 수 있게 되면 향후에는 대기 오염의 수준 파악 및 폭발성 물질 탐지 등이 가능할 것으로 예상된다.

(3) 스마트 물류 (Smart logistics)

스마트 물류 분야는 변화하는 수요에 대하여 신속한 대응이 필요한 분야이다. 따라서 높은 정확도와 초저지연을 구현할 수 있는 시스템의 개발이 필요하다. 고주파수 무선 통신에서 물류센터의 물류 수량 파악 및 처리에 대한 신속한 대응을 위해 LOS 링크 차단을 예측하게 된다면 핸드오프 결정을 능동적으로 수행하며 지연시간을 줄일 수 있으므로 더욱 빠른 속도로 수요에 대해 대응할 수 있을 것이라 예상된다.

Table 2 스마트시티 분야 적용 및 기대효과

스마트시티 분야	기대 효과
스마트 모빌리티	고정밀 빔포밍 기법과 카메라를 사용하여 미래 교통을 예측하고, 미연의 사고를 방지할 수 있을 것으로 예상된다.
스마트 안전	컴퓨터 비전 기반 통신의 구현을 통해 정밀한 위치파악이 가능해지므로 위급상황 시 빠른 대응이 가능할 것으로 예상된다.
스마트 물류	LOS 링크 차단 예측을 통해 물류 처리에 대한 대응속도가 빨라질 것으로 예상된다.

IV. 결론 및 향후 연구 방향

본 논문에서는 고주파 무선통신의 문제점을 완화하고 초저지연 네트워크를 구축할 수 있는 비전 기반 무선통신 기술을 이용한 스마트 지속가능시티 분야 시나리오 및 기대효과를 살펴보았다. 스마트시티 분야에 비전 기반 무선통신 기술을 적용하면 ICT 관련 핵심성과지표를 향상하고 지속 발전 가능한 스마트시티를 달성하는데 도움이 될 것으로 예상된다. 비전 기반 무선통신 기술을 여러 사용자에게 대한 차단을 예측할 수 있는 알고리즘 설계로 확장하면 다양한 스마트시티 서비스 분야를 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

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

참 고 문 헌

- [1] ITU-T, "Overview of key performance indicators in smart sustainable cities", International Telecommunication Union, Standard, Jun. 2016, ITU-T Y.4900/L.1600.
- [2] G. Charan, M. Alrabeiah, A. Alkhateeb, "Vision-Aided 6G Wireless Communications: Blockage Prediction and Proactive Handoff", IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 70, no. 10, Oct. 2021.
- [3] T. Nishio, Y. Koda, J. Park, M. Bennis, K. Doppler, "When wireless Communications meet computer vision in beyond 5G", IEEE Communications Standards Magazine, vol. 5, issue 2, Jun. 2021.