

6G 통신-센싱 융합(ISAC) 기반 초정밀 서비스 사례 분석

김용선, 장갑석, 고영조
한국전자통신연구원

{doori, kschang, koyj}@etri.re.kr

High-Precision Service Use Case Analysis for 6G ISAC

Yongsun Kim, Kapseok Chang, Young-Jo Ko
Electronics and Telecommunications Research Institute

요약

본 논문은 6G 시대의 핵심 기술로 부상하고 있는 초정밀·초절전 통신-센싱 융합 기술, 즉 ISAC(Integrated Sensing and Communication)의 활용 가능성을 탐색한다. 이를 위해 3GPP TR 22.837에서 제시된 다양한 사용 사례를 검토하였고 그 중 실현 가능성과 과급력이 높은 네 가지 사례를 선정하였다. 구체적으로, 스마트 XR 스트리밍, AMR 기반 공장 자동화, 자율주행 차량의 협력 센싱, UAV(Unmanned Aerial Vehicle) 비행 궤적 추적을 중심으로 각 사례의 구성 요소와 기술적 요구사항을 체계적으로 분석하고 초정밀·초절전 센싱에 맞게 진화시켰다. 본 연구는 통신과 센싱의 융합 기술이 실제 응용 분야에 적용되기 위한 방향을 제시하며, 향후 표준화 및 상용화 기반 자료로 기여할 것으로 기대된다.

1. 서론

6G 시대의 도래는 이동통신이 단순한 연결 서비스를 넘어, 지능적 공간 해석과 정밀한 실시간 제어를 가능케 하는 고차원적 플랫폼으로의 전환을 의미한다. 특히, 6G는 무선 자원을 단순 데이터 전송뿐만 아니라 환경 인식, 객체 감지, 행동 분석뿐 아니라 XR(Extended Reality) 기반 서비스 및 디지털 트윈 기술을 포함한 가상과 현실의 융합 환경을 실현하는 데 적극 활용함으로써, 통신과 센싱의 본격적인 통합을 지향한다. ITU-R은 2023년 6월 개최된 WP5D#44 회의에서 ISAC을 5G와 차별화되는 차세대 핵심 기술로 명시하고, 새로운 사용 시나리오로 공식 승인하였다[1]. 또한, 3GPP는 2025년 3월 개최한 6G 워크숍에서 ISAC 기술을 Day 1 후보 항목으로 논의하였으며, 관련 업계로부터 폭넓은 공감과 지지를 얻고 있다[2].

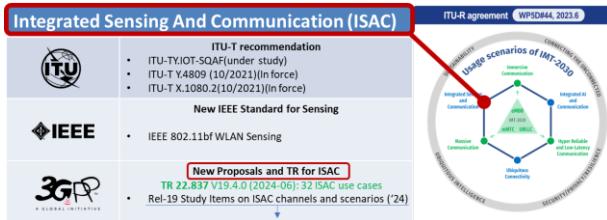


그림 1. ISAC 기술의 국제 표준화 진행 상황

2. 3GPP TR 22.837 기반 사례 분석

3GPP TR 22.837은 Release 19 준비 과정에서 발간된 기술 보고서로, 6G 시대의 통신-센싱 융합 서비스에 대한 초기 요구사항과 사용 사례를 제시하고 있다. 이 문서는 통신 기반 센싱의 필요성과 활용 가능성을 다양한 산업 분야에 걸쳐 조망하며, 네트워크 기반 센싱 서비스 도입을 위한 표준화 논의의 출발점이 되고 있다[3].

총 32 개의 센싱 관련 유스케이스가 수록되어 있으며, 이는 교통, 제조, 보안, 헬스케어, 군사, 소비자 응용 등 광범위한 분야를 포괄한다. 예를 들어, 스마트홈 침입자 탐지, UAV 비행 제어, XR 기반 스트리밍, 자율주행 차량 내 ADAS(Advanced Driver Assistance Systems) 보조, AGV(Automated Guided Vehicle)/AMR(Autonomous Mobile Robot) 자율이동, 교통사고 감지 및 블라인드 스팟 경고 등 실생활과 밀접한 다양한 시나리오들이 포함된다. 본 논문에서는 이 중에서도 초정밀 센싱 요구가 높고 5G 대비 차별화된 기술 특성을 가진 네 가지 사용 사례를 발굴하였다. 유사한 성격을 지닌 일부 항목은 하나의 통합된 시나리오로 재구성하였다.

2.1 가상·현실 융합 스마트 이동 XR 스트리밍

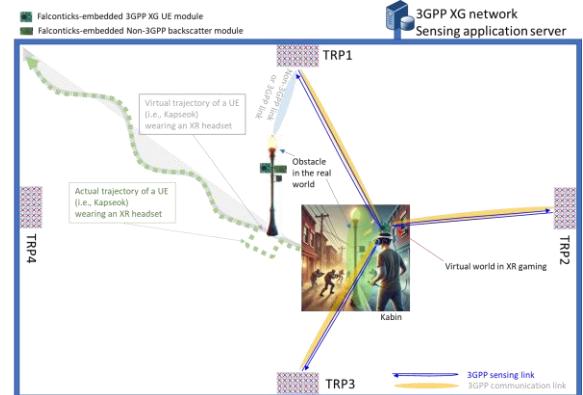


그림 2. 스마트 이동 XR 스트리밍 사용 사례

스마트 XR 스트리밍 환경에서는 사용자가 움직이는 상황에서도 몰입형 콘텐츠를 끊김 없이 경험해야 하며, 동시에 주변 환경(사람, 사물, 장애물 등)을 회피해야 한다. 해당 시나리오는 XR 단말의 IMU(Inertial Measurement Unit), 카메라, RGB-D(Red-Green-Blue and Depth) 센서와 함께, 무선 네트워크 기반의 채널

상태 정보와 통신 기반 RF 반사 정보를 결합하여, 사용자의 이동 경로 및 주변 상태를 실시간으로 파악하고 콘텐츠 렌더링을 조정하는 것이 핵심이다. 예를 들어, 통신 링크 차단 예측 시 사전 렌더링 조정, 가상장애물 삽입, 프레임 속도 조절 등의 방법이 사용된다.

2.2 장애물 극복 AMR 기반 공장 자동화

스마트 제조 환경에서는 자율 이동 로봇(AMR)의 경로 최적화, 장애물 회피, 작업 위치 동기화 등이 요구된다. 이 유스케이스는 공장 내 TRP(Transmission Reception Point)를 통해 수집되는 실시간 RF 반사 정보를 기반으로 AMR의 위치를 정밀하게 파악하며, 각 작업 공정에 맞는 동기화 제어 신호를 제공한다. 특히, 작업 중 주변에 일시적으로 위치한 자재박스나 다른 로봇, 인간 작업자 등 다양한 변수에 대한 실시간 반응이 가능해야 하며, 이를 위해 센싱 정확도 1cm 이내, 시간 동기화 오차 sub-ns 수준이 요구된다.

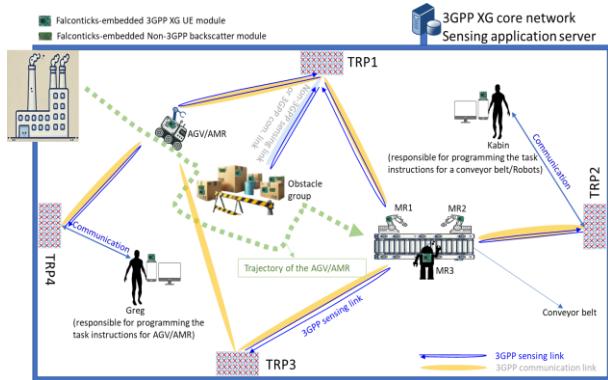


그림 3. AMR/AGV 기반 공장 자동화 사용 사례

2.3 찰나가 생명을 좌우하는 자율주행차 협력 센싱

자율주행 또는 운전자 지원 시스템에서 차량 외부의 사물(다른 차량, 보행자, 자전거 등)과 도로 구조물(차선, 표지판, 신호등 등)을 인식하고 판단하는 보조 시스템과, 도로 위험요소(사고, 급정거, 결빙 등)를 조기에 감지하고 경보하는 시스템을 통합적으로 다룬다. 차량은 자가센서 외에도 인프라(TRP)와 연동하여 blind spot, 사각지대, 급정거 차량 등을 감지하며, 차량 간(V2V), 차량-인프라(V2I) 간 정보를 공유함으로써 도로 안전성과 주행 효율성을 크게 향상시킬 수 있다.

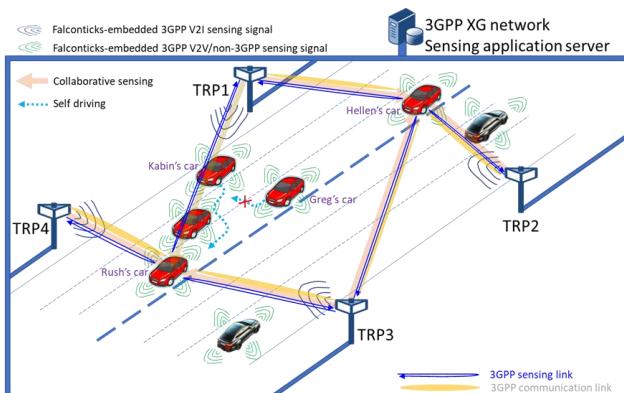


그림 4. 자율주행 차량의 협력 센싱 사용 사례

2.4 UAV의 비행경로 추적 및 침입 감지

도시 환경 또는 특정 제한 공역 내에서 다수의 UAV가 동시에 운용되는 상황에서는, 각 UAV의 위치와 궤적을 정밀하게 추적하고 충돌 가능성을 사전에 방지하는 기능이 필요하다. 해당 유스케이스에서는 UAV에 탑재된 통신 모듈과, 지상 인프라(TRP) 간의 실시간 양방향 통신을 통해 UAV의 비행 위치, 속도, 방향 등의 정보를 지속적으로 수집하고 관리한다. 또한, 비인가 UAV의 침입 여부를 탐지하여 보안 경고 기능도 제공할 수 있다.

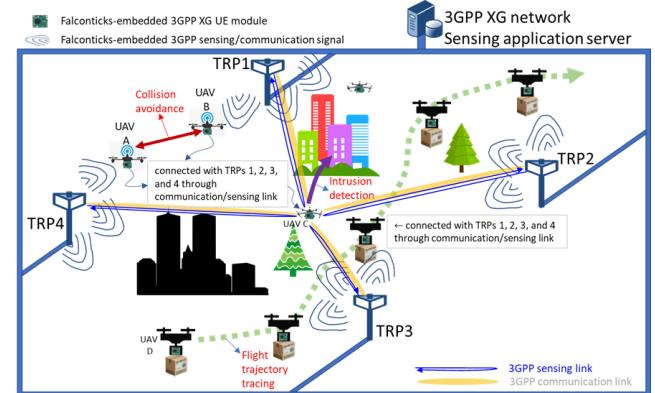


그림 5. UAV의 비행경로 추적 및 침입 감지

3. 결론

본 논문은 3GPP TR 22.837에서 제안된 통신 기반 센싱 유스케이스 중 실현 가능성과 파급력이 높은 네 가지 사례를 진화시켜, 6G 시대에 요구되는 기술 구성과 적용 시나리오를 분석하였다. 각 사례는 초정밀 위치 인식, 실시간 환경 감지, 분산 노드 간 협력 제어 등 ISAC 기술의 핵심 요소를 반영하며, 6G 네트워크 설계의 구체적 요구사항을 뒷받침한다. 특히, 센싱 정확도, 통신 신뢰성, sub-ns 수준의 시간 동기화, 네트워크 기반 협업 처리 등의 기술적 특성이 명확히 요구되며, 이는 향후 표준화 및 상용화를 위한 기반 자료로 기여할 것으로 기대된다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2025년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (RS-2018-II180218, 초고주파 이동통신 무선백홀 전문연구실)

참 고 문 헌

- [1] ITU-R, “Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond,” WP5D, June, 2023.
- [2] 3GPP 6G Workshop, “Chair’s summary of the 3GPP workshop on 6G,” WP5D, 6GWS-250238, March 10-11, 2025.
- [3] 3GPP, “Feasibility Study on Integrated Sensing and Communication,” 3GPP TR 22.837 V19.4.0, June 2024.