

# 센싱과 통신 결합 기술 동향

장갑석, 김용선, 조원철, 김경표, 고영조  
6G 무선방식연구실, 이동통신연구본부, 입체통신연구소, 한국전자통신연구원  
{kschang, doori, woncheol, kpkim, koyj}@etri.re.kr

## Recent Trends in Integrated Sensing and Communication Technology

Kapseok Chang, Yong Sun Kim, Woncheol Cho, Kyeongpyo Kim, and Young-Jo Ko  
Electronics and Telecommunications Research Institute

### 요약

ITU-R 이 2023 년 6 월에 6G 를 위한 사용 시나리오로, 5G 와 차별화되는, ISAC(Integrated Sensing and Communication)을 새롭게 승인함에 따라, 2030 년에 도래할 6G 이동통신시스템은 기저대역에서 통신 기능과 함께, 전파지연 추정, 이동속도 추정, 타겟의 형태·크기·방향 추정 및 위치 추정 등의 센싱(sensing) 기능을 지원해야 한다. 이에 따라 본 논문은 센싱과 통신을 통합하는 종래의 표준 무선통신시스템에서의 센싱 기술을 분석하고 6G ISAC 을 위한 표준 대상 아이템들과 이들에 대한 연구 방향성을 제공한다.

### I. 서론

2030 년에 도래할 6G 이동통신 세대에는 무선 로봇에 의한 공장자동화, 확장현실, 스마트시티, 디지털트윈, 자율주행, 센서 퓨전 등의 고정밀(high precision) 서비스가 각광받을 전망이다[1]. 이를 입증하듯 ITU-R 은 2023 년 6 월에 5G 와 차별화되는 사용 시나리오로 ISAC 을 승인해 기저대역에서 통신 기능에 센싱 기능을 결합하도록 해 고정밀 서비스를 지원하게 하였다[2]. 6G 고정밀 서비스 중에서 공장자동화, 자율주행, 디지털트윈 등은 무선 디바이스 관점에서의 초절전 기능과 기지국 관점에서의 초정밀 기능을 요구할 수 있다.

이에 본 논문에서는 3GPP 기준 센싱의 정의로부터 시작해 센싱과 통신이 기저대역에서 통합될 때의 장점과, 초정밀·초절전 센싱을 향한 통찰력을 제공하기 위해, 3GPP 5G NR 에서 규정한 센싱과 통신 결합 기술에 대해 살펴본다. 또한, 6G ISAC 에 진행될 것으로 예상되는 표준화 대상 아이템들과 이들에 대한 연구 방향성을 제공한다.

### II. 센싱 정의 및 통신·센싱 결합 장점

3 세대부터 5 세대에 걸쳐 글로벌 이동통신 표준을 주도하는 3GPP 는 UE(User Equipment)의 전파지연, 이동속도, 모양 및 크기, 상대적 움직임 및 위치 등의 추정을 센싱으로 정의하고 있다[3]. 더 넓은 범위가 센싱의 범주에 포함될 수 있지만 본 논문에서는 3GPP 센싱의 정의를 따라 기술한다.

지금에 이르기까지 센싱과 통신시스템은 각각 독립적으로 발전해 왔다. 그림. 1 에서 보는 바와 같이 일례로, 밀리미터파를 포함하는 5G 주요 대역 3.5~24 GHz 의 Carrier 를 이용해 통신서비스가

제공되어 왔고, 반면 자동차 센서 주요 대역 77 GHz Carrier 를 이용해 센싱서비스가 제공되어 왔다. 4G 가 상용화되어 전세계적 시장을 차지하고 5G 를 거쳐 센싱과 통신 기능을 통합하려는 6G 의 움직임이 거세지면서 통신 데이터 속도 증가의 수요와 함께 센싱의 높은 정확도를 수반하기 위해 4G 에서 사용하던 800MHz, 1.9GHz 에서 점차 높은 주파수대역으로 옮겨가고 있다. 이는 주파수대역이 증가할수록 통신 데이터 속도와 함께 센싱의 정확도도 같이 높아지기 때문이기도 하다.

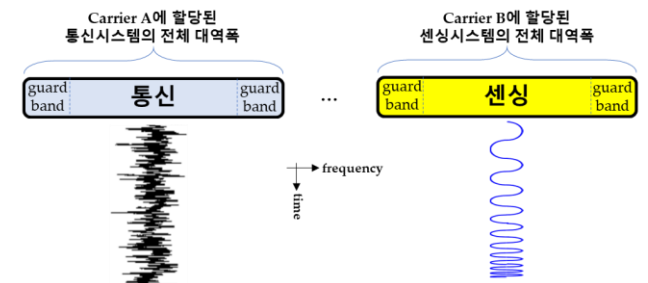


그림.1 상이한 캐리어 기반 통신과 센싱

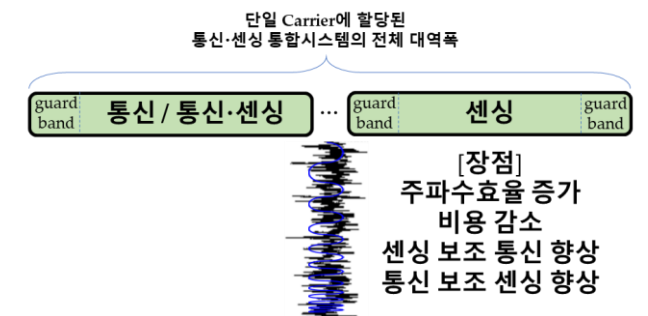


그림.2 단일 캐리어 내에서의 통신과 센싱 통합

사용 주파수대역이 점점 높아지면서 통신의 범주와 센싱의 범주가 허물어지기 시작하고 있으며 그림. 2 에서 보는 바와 같이 통신과 센싱을 통합했을 때의 장점으로 인해 6G 는 이러한 통합이 선택이 아닌 필수가 될 것이다. 통신과 센싱이 통합된다는 의미는 단일 Carrier 에 할당된 가용 대역폭 내에서 센싱 신호와 통신 신호를 시간·주파수적으로 서로 분리해서 전송하거나 통신과 센싱이 수학적으로 결합된 통신·센싱 통합 신호를 전송할 수 있음을 뜻한다. 통합을 통해 주파수효율은 증가하고, 하나의 Carrier 내에서 통신 기능과 센싱 기능을 수행하기 때문에 이에 따른 설치 및 운용 비용을 줄일 수 있다. 또한, 하나의 Carrier 내에서 얻은 센싱 정보를 이용해 통신시 발생하는 간섭을 완화시키는 등 통신의 신뢰도와 데이터 속도를 높일 여지가 있고, 통신시스템에 연결된 UE 와 주변 객체의 분리 인지를 이용해 주변 객체에 의해 발생하는 Clutter noise 를 제거하는 등 센싱의 정확도를 높일 여지가 있다.

### III. 3GPP 통신·센싱 기저대역 통합 기술

공장자동화 서비스를 위한 절대동기(Absolute Time Synchronization, ATS) 기술에서는 기지국과 UE 들간 전파지연 추정이 요구된다. 여기서, ATS 는 이동통신시스템의 BS(Base Station)와 UE 들이 같은 시각을 가지게 하는 기술을 의미한다. 3GPP 에서는 절대동기를 위한 기술로 그림. 3 과 식(1)과 같이 BS 에서 보내고 받은 시간 ( $t_4 - t_1$ )과 UE 에서 받고 보낸 시간 ( $t_3 - t_2$ ) 의 차이로부터 전파지연을 추정하는 BS-side RTT(Round-Trip Time) 기술을 Rel-17 의 표준 절차 기술로 제정하였다.

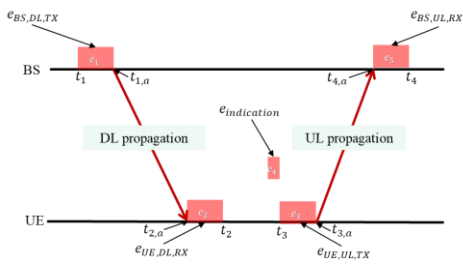


그림. 3 BS-side RTT 기반 전파지연 추정 절차

$$\text{추정된 전파지연} = [(t_4 - t_1) - (t_3 - t_2)]/2 \quad (1)$$

그러나, 이러한 RTT 기술은 규격적으로 조정하기 어려운 송신 타이밍 에러들  $e_{BS,DL,TX}$ ,  $e_{UE,UL,TX}$ , 수신 타이밍 에러들  $e_{UE,DL,RX}$ ,  $e_{BS,UL,RX}$  과 함께, ( $t_3 - t_2$ ) 정보를 메시지 형태로 송수신할 때 발생하는 에러  $e_{indication}$  등으로 인해 BS side 에서의 초정밀 센싱이 불가능하다. 또한, UE side 에서는 전력소모가 큰 타이밍 동기 추정과 시간차이 정보 전송을 위한 채널코딩이 초절전 달성의 저해 요인이다. 그 외 센싱을 위한 3GPP 표준 기술들도 마찬가지로의 저해 요인들이 발생한다. 따라서, BS-side 에서 초정밀 센싱과 UE-side 에서 초절전을 추구하는 6G

ISAC 에서는 이러한 RTT 형태의 표준절차적 센싱 기술은 적합하지 않을 것이다.

### IV. 6G ISAC 연구 아이템 및 연구 방향성

III 장에서 살펴본 바, 표준절차적으로 통신과 센싱 신호를 주고받으면 송신·수신 타이밍 에러와 Indication 에러가 발생하므로 이러한 에러들을 회피할 수 있는 일종의 mono-static radar 형태로 통신·센싱 통합 기저대역 신호 및/또는 통신과 분리된 센싱 기저대역 신호를 전송하고 타겟으로 하는 UE 로부터 돌아오는 신호로부터 센싱 정보를 추정하는 접근 방법이 있을 수 있다. 그러나 이러한 접근 방법에서는 동일한 대역에서 송신한 신호의 되돌아오는 수신 신호를 이용하기 때문에 반대급부로 매우 강한 자기 간섭이 발생한다.

현재 3GPP Rel.19 에서 어느정도 감소된 자기 간섭을 전제로 SBFD(Sub-Band Full Duplex)가 표준화되고 있기 때문에 어느정도 감소된 자기간섭 환경에 강인한 mono-static radar 형태의 센싱 추정 기술이 개발되는 지에 따라 6G ISAC 표준 대상 연구 아이템과 방향성이 좌우될 것이다.

이를 참고해 통신과 센싱이 기저대역에서 통합되는 6G ISAC 시스템에서의 표준대상 아이টে으로 통신과 센싱 자원 다중화, 통신과 센싱이 분리·통합된 신호 설계 및 이들을 수용하는 물리계층 프레임 구조를 들 수 있다. 이러한 표준대상들 중, mono-static radar 형태에서 생기는 자기간섭의 제거가 얼마만큼 가능할 것인가에 따라 주력하는 표준 대상 아이টে들이 결정될 것이다.

### V. 결론

본 논문에서는 3GPP 기준 센싱의 정의를 바탕으로 센싱과 통신이 기저대역에서 통합될 때의 장점과 3GPP 5G NR 에서 규정한 센싱과 통신 통합 기술에 대해 살펴보았다. 이를 통해 6G ISAC 에 진행될 것으로 예상되는 표준화 대상 아이টে들과 이들에 대한 연구 방향성 또한 제공하였다.

### ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024 년도 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 정보통신기획평가원의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. 2018-0-00218, 초고주파 이동통신 무선백홀 전문연구실)

### 참고문헌

- [1] 장갑석, 고영조, 김일규, “대용량 초정밀 서비스 실현을 위한 무선 액세스 기술 동향,” 전자통신동향분석, Vol. 39, No. 1, pp. 1-13, 2024.
- [2] ITU-R, “Framework and overall objectives of the future development of IMT for 2030 and beyond,” WP5D, June, 2023.
- [3] TR 22.837, “Feasibility study on integrated sensing and communication (Release 19),” 3GPP TSG RAN1, Feb., 2024.