

이동통신 위치기반 서비스 동향 및 정밀 측위기술 소개

김선향 (주)아이씨티컴플라이언스 대표
주철 (주)아이씨티컴플라이언스 연구소장

1. 머리말

본고는 빠르게 진화하는 이동통신 위치기반 서비스와 이를 지원하는 측위기술의 최신 동향을 파악하여 위치기반 서비스 산업에 참여하는 생태계에 제공, 서비스 발굴과 기술 개발에 기여하는 데 목적이 있다.

서론으로 위치기반 서비스와 서비스 지원 측위기술을 개략하고, 3장에서 이동통신 기술의 진화에 따른 정밀 측위기술의 도입과 융복합화추세를 분석한다. 4장에서 국내외 이동통신 위치기반 서비스 기술 표준화 동향을 조사하고, 5장에서는 위치기반 서비스 중 공공성이 높은 긴급구조 서비스의 성능을 획기적으로 개선할 수 있는 정밀측위 방안을 제시한다.

결론으로 측위기술의 발전 방향과 새롭게 제시한 긴급구조 정밀측위 방안에 대한 시사점을 요약한다.

2. 서론

4차 산업혁명의 주요 기반기술인 5G/B5G 이동통신 기술로 활성화되는 다양한 융·복합 산업에서 핵심 서비스 자원인 위치정보 활용이 증대됨에 따라, 정보통신 분야 선도국인 우리나라의 산업경쟁력 강화를 위해 이동통신 위치기반 서비스와 이를 지원하는 측위기술 및 표준화 동향을 파악하는 것이 필요하다.

2.1 위치기반 서비스 분류

스마트폰의 대량 보급, 지도 및 내비게이션 서비스 보편화는 위치기반 서비스를 대중적 생활 서비스로 자리매김 하였다. 길 찾기, 위치정보 제공, 지역기반 광고, 위치추적 등 기존 위치기반 서비스는 자율주행 자동차, 드론 등 고속이동체 운행 지원, 제조공정 내 사물통신 지원, 로봇 등 고신뢰 초정밀 실시간 위치기반 서비스로 확장되고 있다.

- 경제 및 사회활동 분석 서비스: 사람과 사물의 위치를 분석하여 경제 및 사회활동 현황을 파악하고 국가 및 기업에서 효율적 투자와 자원분배를 설계하는 용도로 활용한다.
- 지도 및 내비게이션 서비스: 도로 및 교통수단에 대한 실시간 정보, 이동체의 최적 경로 안내, 주변의 POI(Point Of Interest) 위치정보와 경로를 제공한다.
- 광고 마케팅 및 상거래 서비스: 지역 및 위치기반 광고 및 마케팅 서비스, 위치기반 상거래

지원 서비스(배달, 택시호출, 중고 상거래 등)를 가능하게 한다.

- 위치추적 및 관제 서비스: 구조대상자(재난/범죄 피해자, 실종자)의 위치를 추적하고 구조를 가능하게 한다. 사물의 위치와 이동 경로를 추적하고 물류를 관제한다.
- 생활 편의 서비스: 위치기반 생활 정보(뉴스, 날씨, 행사), 공유 모빌리티 위치 안내, 물건 찾기 등 서비스를 제공한다.
- 자율주행자동차, 드론 운행지원 서비스: 고신뢰 초저지연 통신기술 및 인공지능기술로 주행 및 주정차/이착륙 시 충돌방지, 안전운행, 최적 경로선택 서비스를 제공한다.
- 스마트공장 및 물류센터 지원 서비스: 자재의 공급부터 가공, 조립, 검사, 출하 등 전 공정에서 초정밀 실시간 위치기반 사물 인터넷과 로봇 서비스를 가능하게 한다.

2.2 위치기반 서비스 지원 측위기술

다 양한 위치기반 서비스에 못지않게 측위기술도 다양하게 발전되어 왔다. 무선접속 측위 기술이 센서기술, 빅데이터 및 AI/ML(Artificial Intelligence/Machine Learning) 기술과 융복합되어 측위기술의 정확도와 응답시간 성능을 향상시킨다.

- GNSS(Global Navigation Satellite System) 기반 측위: 단말의 위성(GPS, GLONASS, Galileo, BeiDou) 신호 수신과 위성측위 보정기술(A-GNSS, D-GNSS/RTK(Real Time Kinematic) 등)을 활용한 측위기술이다.
- RAT(Radio Access Technology) 기반 측위: 이동통신 기지국과 단말 간의 무선접속신호를 이용한 측위기술이다.(E-CID(Enhanced Cell-ID), OTDOA(Observed Time Difference Of Arrival), UTDOA(Uplink Time Difference Of Arrival), RTT(Round Trip Time), AoD(Angle Of Departure), AoA(Angle Of Arrival), RF Pattern Matching)
- WiFi 기반 측위: 설치된 WiFi AP(Access Point) 기준으로 공간 좌표별 신호 수신 세기를 DB 화하고 단말이 실제 수신한 신호 세기와 비교하여, 단말 위치를 추정하는 핑거프린팅(fingerprinting) 측위, AP와 단말 간의 거리를 측정하는 RTT 기반 측위가 있다.
- IoT 전용망 기반 측위: IoT 통신망(LoRa, LPWA, LTE-M, NB-IoT 등)을 이용하여 위치정보를 구한다.
- 비콘(Bluetooth, LiFi 등) 신호를 이용하는 측위
- RFID 리더기에 대한 태그(tag) 이용 정보를 활용하는 측위
- 센서(가속도계, 자이로스코프, 지자계, 기압계) 및 초음파/레이다(Radar)/라이다(Lidar)에서 도 출된 정보를 위치 추정기술로 활용하는 측위
- 음향 및 영상정보 기반 측위: 주변의 음향, 영상 정보를 빅데이터로 활용하는 핑거프린트 맵(fingerprint Map) 측위

2.3 서비스 특화 측위기술 고려사항

이동통신 기술 발전(5G, B 5G)으로 다양한 버티컬 분야에서 새로운 서비스가 가능하게 되었고 이들의 특징을 고려한 서비스 특화 융복합 측위기술 적용이 요구된다.

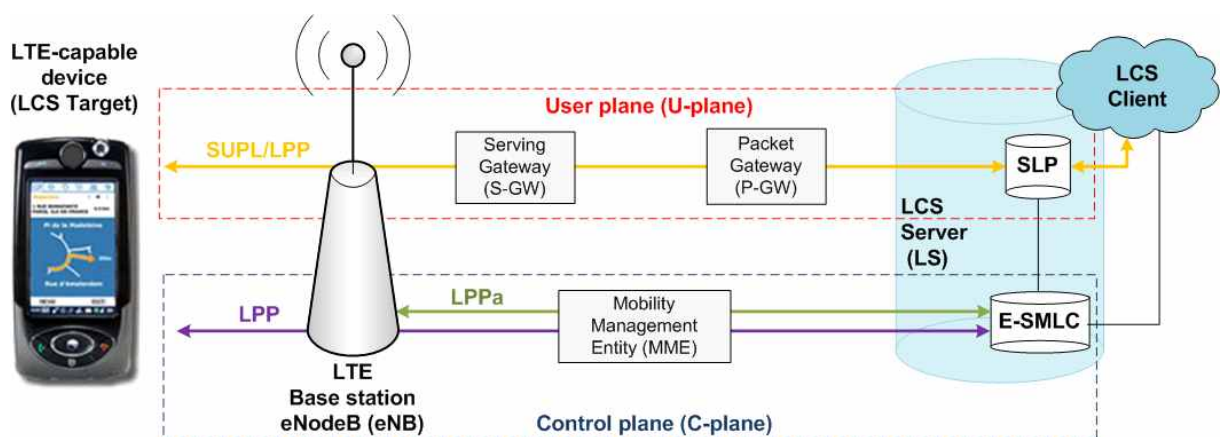
- V2X(Vehicle to Everything): 고속이동체, 고신뢰 초정밀 실시간 위치측정, 다양한 센서류 활용, 접속환경(connectivity), D2D(Device to Device) 응용
- UAV(Unmanned Aerial Vehicle): 3D-이동체, 운행/이착륙 시 충돌 방지, 제한된 전력 소모, 접속환경
- I IoT(Industrial-IoT): 실내외 밀집 환경, 고신뢰 초정밀 실시간 측위, TSN(Time Sensitive Networking) 환경
- mIoT(massive-IoT): 야외 환경, 광범위한 지역 대규모 배치(wide area massive deployment), 저전력/저복잡도 단말, 애드혹(ad-hoc) 네트워크
- 긴급구조: 재난환경, 통신인프라 파괴, 피해자/실종자 추적, FCC(Federal Communications Commission)규격/정부규정(government Regulation) 준수

3. 이동통신 기술과 위치기반 서비스 지원 측위기술

3.1 LTE 망 위치기반 서비스 지원 측위기술

스마트폰의 보급으로 LTE 망에서의 모바일 서비스 수요는 폭발적으로 증가하였으며 그 중 하나는 위치기반 서비스(LBS, Location Based Service)이다. 위치기반 서비스 수요 증가의 주요 요인은 긴급상황 서비스(emergency service)용 발신자 위치정보 제공 의무화와 위치정보 기반 다양한 상용 애플리케이션(commercial application)의 활성화이다.

LTE 표준에서 지원하는 측위기술은, 단말기 측정 기반 측위, 기지국 측정 기반 측위로 분류할 수 있으나 이들 측정 정보가 함께 활용되는 협력 측위로 발전하고 있다. 단말기 또는 기지국에서 수집된 측정 정보는 시스템에 구축된 측위서버(LCS Server)에 전달되어 타겟 단말기의 위치를 추정하게 된다([그림 1] 참조).



※ 출처: 'LTE Location Based Services Technology Introduction', Rohde & Schwarz, 2013.9
[그림 1] LTE 망내 측위 프로토콜(LPP, SUPL) 구조

LTE 지원 측위기술을 기술하면, 단말기 수신 위성신호 기반 A-GNSS(Assisted Global Navigation Satellite System), 단말기가 수신한 다수 기지국 신호의 시차를 이용하는OTDOA (Observed Time Difference Of Arrival), 확장된 셀 ID 정보를 기반으로 하는 ECID(Enhanced

Cell-ID), 다수 기지국에서 수신한 단말기 상향링크 신호의 시차를 이용하는 UTDOA(Uplink Time Difference Of Arrival), 지점별 무선 환경을 참조용 DB로 구축하여 단말기 현 위치와 비교하는 RF Pattern Matching 측위가 있다(<표 1> 참조).

<표 1> LTE 망에서 지원되는 측위 기술 현황

Method	UE-based	UE-assisted	eNB-assisted	3GPP Release
A-GNSS	Yes Measurement: UE Estimation: UE	Yes Measurement: UE Estimation: LS	No	Rel-9
Downlink (OTDOA)	No	Yes Measurement: UE Estimation: LS	No	Rel-9
Enhanced Cell ID	No	Yes Measurement: UE Estimation: LS	Yes Measurement: eNB Estimation: LS	Rel-9
Uplink (UTDOA)	No	No	Yes Measurement: eNB Estimation: LS	Rel-11
RF Pattern Matching	?	?	?	Rel-11

※ 출처: 'LTE Location Based Services Technology Introduction', Rohde & Schwarz, 2013.9

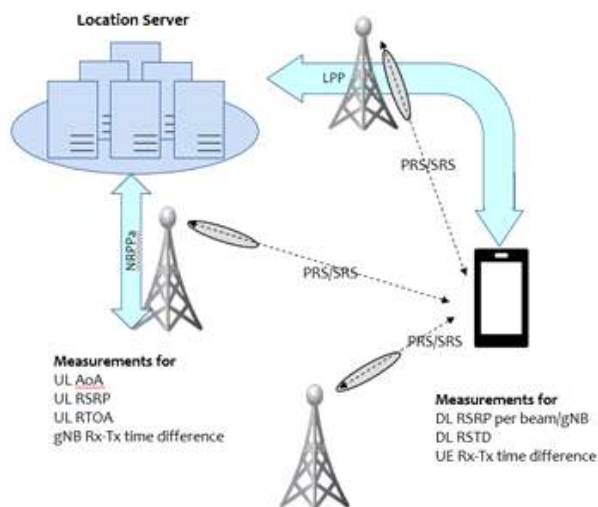
또한 LTE 망에서 측위 서비스를 지원하는 프로토콜로 LPP(LTE Positioning Protocol)와 SUPL(Secure User Plane Location)을 제공한다. 이들은 LTE 망에서 LBS와 E911 서비스를 지원하고 때로는 WiFi 기반 측위 기능과 상호보완적으로 서비스를 지원한다.

3.2 5G 망 위치기반 서비스 지원 측위기술

LTE 망에서의 위치정보, 내비게이션, 위치기반 광고, 구조대상자 추적, 물류 추적 등 기존 위치기반 서비스가 5G 망에서는 자율주행 자동차, 드론 등 고속 이동체 운행 지원 및 스마트공장 내의 사물통신 및 로봇 서비스 지원 등 실시간 초정밀 위치기반 서비스로 사용자 요구가 확장되고 있다.

5G 기술 표준인 3GPP Rel-16에서는 NR(New Radio) RAT(Radio Access Technology) 의존적 측위 기술로 Multi-RTT, DL-TDOA, DL-AoD, UL-TDOA, UL-AoA 과 같은 NR RF 기반 측위기술이 표준화되었다. 이들 기술은 GNSS-RTK, 비콘, 다양한 센서 등 가용한 RAT 독립적 측위기술과 함께 협력 사용되면서 데시미터 수준의 성능을 제공, 자율주행 자동차, 드론 등 고속 이동체 운행을 지원하게 된다. 또한 Rel-17 NR 측위 고도화는 IIoT 응용서비스를 지원하는 성능 목표를 가지고 있다.

이들 NR RF 기반 RAT 의존적 측위기술과 기타 가용한 RAT 독립적 측위기술, 영상처리 기술, 고도화된 센싱 기술은 빅데이터, AI/ML 기술과 결합되어 핑거프린트 맵 측위 등 융복합 측위 기술로 고도화가 예상된다.



- * RAT-dependent NR Positioning Scheme in Rel-16
 - DL-TDOA(Downlink Time Difference of Arrival)
 - UL-TDOA(Uplink Time Difference of Arrival)
 - DL-AoD(Downlink Angle of Departure)
 - UL-AoA(Uplink Angle of Arrival)
 - Multi-RTT(Multi-cell Round Trip Time)
 - E-CID(Enhanced Cell ID)
- * Acronyms
 - LPP: LTE Positioning Protocol
 - NRPPa: New Radio Positioning Protocol A
 - PRS: Positioning Reference Signal
 - SRS: Sounding Reference Signal
 - RSRP: Reference Signal Received Power
 - RSTD: Reference Signal Time Difference
 - RTOA: Relative Time of Arrival

※ 출처: '3GPP Releases 16 & 17 & Beyond', 5G Americas, 2021.1

[그림 2] 5G NR RAT 의존 측위기술 (Rel-16) 개요

3.3 B5G/6G 망 위치기반 서비스 지원 측위기술

B5G/6G 망에서 채택하는 기술 규격 및 시스템 구조에 대해서는 국제 표준화 등 구체적인 추진 계획이 수립되지 않았기에 본 기술보고서에서는 유럽, 미국, 중국, 일본 등의 6G 기술 선도 연구기관, 기업, 대학 등에서 수립한 6G 비전 및 성능 목표를 중심으로 6G 망에서의 위치기반 서비스 지원 측위기술을 기술하고자 한다.

유럽연합(EU)의 Horizon 2020 연구혁신 프레임워크 프로그램으로 추진되는 5G-PPP(5G Public Private Partnership) 과제 중 6G 망구조와 성능목표, 도전기술을 연구하는 과제인 Hexa-X(2021.1 ~ 2023.6) 과제의 6개 연구도전(research challenges) 목표 중 하나인 극강체험(extreme experience)을 위한 필수기술로 정밀 국소화와 센싱(precision localization and sensing) 기술이 연구되고 있다. 또한 5G-PPP 3단계 과제 중 8개의 '5G Long Term Evolution' 과제는 B5G 를 지향하고 있는데, 이중 LOCUS(Localization and Analytics On-demand Embedded in the 5G Ecosystem, 2020.12 ~ 2022.4) 과제에서는 네트워크 태생적(native) 서비스로서 정밀하고 유비쿼터스(Accurate and Ubiquitous)한 위치정보 획득을 연구 목표로 설정하고 있다.

글로벌 이동통신 연구기관/기업에서는 6G 비전과 도전목표를 설정하고 있는데, 멀티센싱 융복합 기술, 다양한 RAT 기반 측위기술, IRS(Intelligent Reflective Surface) 기술, 빔공간 처리(beam-space processing), 핑거프린트 맵 기술 등을 활용하여 실내 10cm, 실외 1m 측위성능을 목표로 제시하고 있다. (6G Flagship, University of Oulu, 2019) 좀더 도전적인 목표로 측위성능을 실내 1cm, 실외 10cm, 응답지연 10ms 이내로 제시하는 기관도 있다. (NOKIA Bell Labs, 2021) 초정밀 측위기술이 센싱, 이미지 처리기술 고도화와 통합되고 AI/ML 기술과 융합되어 1000Km 이동체와 산업사물통신(industrial IoT)을 포함하는 다양한 미래 서비스를 창출할 것으로 예상하고 있다.

4. 이동통신 위치기반 서비스 기술 표준화 동향

본고 2장, 3장에서는 위치기반 서비스가 길 찾기, 지역기반 광고, 위치추적 등 기존 서비스에서 자율주행 자동차, 드론 등 고속이동체 운행 지원, 제조공정 내 사물통신 지원 등 고신뢰 초정밀 실시간 위치기반 서비스로 확장되고 있음과 이를 지원하기 위해서 진화하는 측위기술을 제시하였다. 4장에서는 이동통신 위치기반 서비스 표준화 동향을 설명한다.

4.1 위치기반 서비스와 기술표준

위치기반 서비스 기술표준은 서비스와 시스템 측면의 위치서비스(location service) 기술과 무선접속 네트워크와 단말에서 지원하는 측위(positioning) 기술로 분류할 수 있다.

국내에서는 한국정보통신기술협회(TTA) 내 LBS 시스템 PG(Project Group)에서, 국제적으로는 사실 표준화기구인 3GPP(3rd Generation Partnership Project) 내 SA(Service & Systems Aspects), RAN(Radio Access Network) 기술규격그룹(TSG, Technical Specification Group)에서 주도하고 있다. 또한 OMA(Open Mobile Alliance) 표준화 기구 LOC WG(Location Working Group)에서는 서비스 시나리오와 프로토콜 중심으로 표준화를 수행하고 있다.

4.2 국내 이동통신 측위기술 표준화 현황

• TTA LBS 시스템 PG (PG904)

긴급 구조센터에서 구조대상자 단말의 위치를 파악하기 위해 이동통신사 측위시스템(A-GNSS/Cell-ID 측위서버, WiFi 측위서버)에 위치정보를 요청하는 시스템 구성과 인터페이스, 절차를 표준화 하였고(2017), 추가로 기존 수평 위치정보(위도, 경도, 주소)에 기압센서 수직정보(고도)를 추가하는 측위시스템 표준화 개정을 추진 중이다(2020).

실내 측위 지원을 위한 실내 공간 위치별 핑거 프린트 맵(WiFi AP와 지자기 기반) 정보의 서버와 단말 간 교환규격을 표준화 하였으며(2018), 개인 및 차량 단말이 실내에서 위치기반 서비스를 위해 실내 지도, 측위 참조 정보 등을 단말과 서버 간 주고받는 절차를 표준화 하였고 추가로 서비스 인터페이스에 대한 규격을 보완하여 표준화를 개정하였다(2019).

• TTA 이동통신 서비스 PG (PG1105)

구조대상자 단말기의 상향링크 무선신호를 현장 구조대의 신호수집기를 이용해 탐색, 식별, 측정하여 타겟 단말기 위치를 추적하는 새로운 개념의 정밀 측위기술이 신규 제안되어 표준화 추진 중이다(2021).

<표 2> 국내 이동통신 측위기술 표준화 현황

개발기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG904	TTAK.KO-06.0401, [개정] 긴급구조용 측위시스템	2020
	TTAK.KO-06.0504, 재난피해자 위치분석 시스템	2019
	TTAK.KO-06.0322, [개정] 개인 및 차량 단말을 위한 실내 위치기반 서비스	2019
	TTAK.KO-06.0486, 긴급 구조 요청 스마트폰 사용자 인터페이스	2019
	TTAK.KO-06.0477, 위치기반서비스를 위한 측위 및 항법 성능 인덱스와 그 시험 방법	2018
	TTAK.KO-06.0478, 실내 측위 지원을 위한 Fingerprint Map 교환 규격	2018
TTA PG1105	이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 기술 (기술보고서)	2021

※출처: <https://www.tta.or.kr>

4.3 국제 이동통신 측위기술 표준화 현황

• 3GPP RAN TSG

3GPP Rel-16 에서는 Multi-RTT, DL-TDOA, DL-AoD, UL-TDOA, UL-AoA 등 NR RF 기반 측위기술을 표준화하였고 아울러 개인위치정보에 대한 프라이버시(privacy) 인증기능을 표준화에 반영하였다(2020). 이들 NR RF 신호 측정치는 빅데이터, 머신러닝 기술과 결합되어 핑거프린트 측위방식으로 고도화가 예상된다.

Rel-16 에서 제시하는 측위 성능목표는 FCC 규격(E911 서비스)의 경우 최소 수평 50m, 수직 5m, 응답지연 30초이고, 상용 서비스의 경우는 최소 수평 10m(실외), 3m(실내), 수직 3m, 응답지연 1초이다(수평, 수직의 측위 정밀도는 총 단말의 80% 이상이 만족할 때 해당). Rel-17에서는 측위 고도화로 IIoT 서비스를 지원하는 측위 성능목표를 가지고 있으며, 일반 서비스는 최소 1m와 100ms 응답지연, IIoT 서비스는 최소 0.2m와 10ms 응답지연을 목표로 표준화 진행 중이다(2021). Rel-17에서는 작업항목(work item)으로 저전력 고정밀(LPHAP, Low Power High Accuracy Positioning) 기술을 승인했으며 이는 측위 정확도 0.5m @90%, 측위 단말기 배터리 동작시간 수개월에서 수년 지원을 목표로 한다(2021).

• 3GPP SA TSG

5G 시스템은 측위서비스를 위해 3GPP 측위기술들의 조합 또는 3GPP 측위기술과 non-3GPP 측위기술의 조합을 포함하는 하이브리드 측위방식을 지원한다(2021). 5G 측위서비스로 공장내 자산과 이동체 위치 추적, 철도, 도로, UAV를 이용하는 운송과 물류, V2X 응용 서비스, 미션크리티컬 측위 등 버티컬 및 정밀측위응용서비스를 지원하기 위한 요구사항을 정의하였다(2021).

<표 3> 국제 이동통신 측위기술 표준화 현황

개발기구	표준(안)명	완료연도
3GPP RAN	TR 38.857, NR Positioning Enhancement (Release 17)	2021
	TS 38.455, NR Positioning Protocol A (NRPPa) (Release 16)	2021
	TS 37.355, LTE Positioning Protocol (LPP) (Release 16)	2021
	TS 38.305, NG-RAN: functional specification of UE positioning (Release 16)	2021
3GPP SA	TS 22.261, Service requirements for the 5G system (Release17)	2021
	TS 23.273, 5G System (5GS) Location Services (LCS) (Release 16)	2021
	TS 23.271, Functional description of Location Services (LCS) (Release 16)	2020
	TS 22.071, Location Services (LCS): Service description (Release 16)	2020
OMA LOC	OMA-TS-MLP-V3_5, Mobile Location Protocol	2020
	OMA-TS-ULP-V3_0, User Plane Location Protocol	2018
	OMA-TS-ILP-V3_0, Internal Location Protocol	2018
	OMA-TS-LPPE-V2_0, LPP Extensions Specification	2018

※출처: <https://www.tta.or.kr>

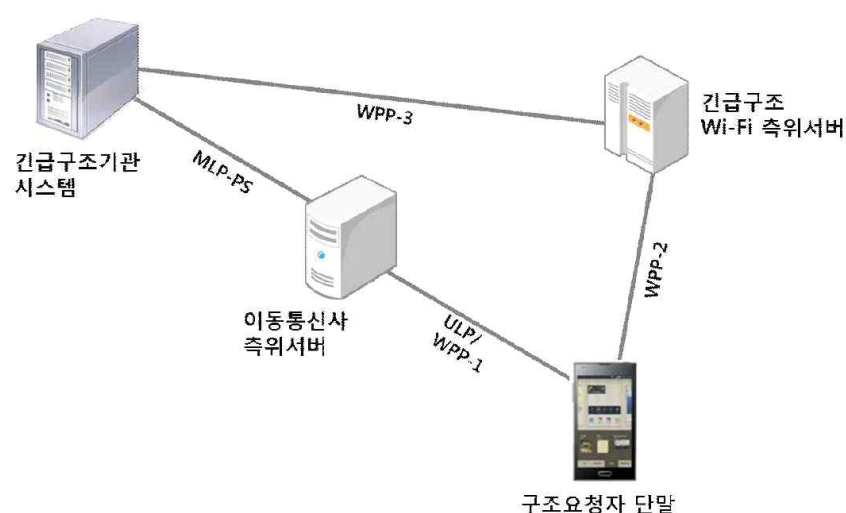
5. 긴급구조 정밀측위 시스템 및 기술 표준화

5.1 기존 긴급구조 측위 시스템

긴급구조 측위시스템은 재난, 범죄, 실종 등의 긴급상황에서 긴급구조기관에 구조대상자(재난/

범죄 피해자, 실종자)의 정확한 위치정보를 제공하는 것을 목적으로 한다. 국내에서 운영 중인 기존 이동통신 긴급구조 시스템에서 지원되는 측위방식은 Cell-ID, A-GNSS 및 WiFi 방식이다. 서버에서 제공하는 측위정보는 좌표(위도, 경도)와 고도 그리고 이를 기반으로 도출된 주소 정보이다. 긴급구조기관 시스템과 단말기 측위정보를 제공하는 이동통신사 측위서버 간 연동은 3GPP 및 OMA 표준을 기반으로 국내 표준이 제정되어 상호운용성을 보장한다.

기존 긴급구조 측위시스템([그림 3] 참조)은 긴급구조기관 시스템, 구조요청자 단말, 이동통신사 측위서버, 긴급구조 Wi-Fi 측위서버로 구성된다. 유사시 신고를 받은 긴급구조기관은 시스템을 통해 이동통신사 측위서버에 구조요청자 위치정보를 요청한다. 구조요청자 단말과 이동통신사 측위서버 또는 구조요청자 단말과 긴급구조 Wi-Fi 측위서버 간 통신을 통해 타겟 단말의 위치를 획득하고 긴급구조기관에 위치정보를 전달한다.



출처: 긴급구조용 측위시스템 기술보고서, TTAR-06.0184, 2017.10

[그림 3] 긴급구조용 측위시스템 구성

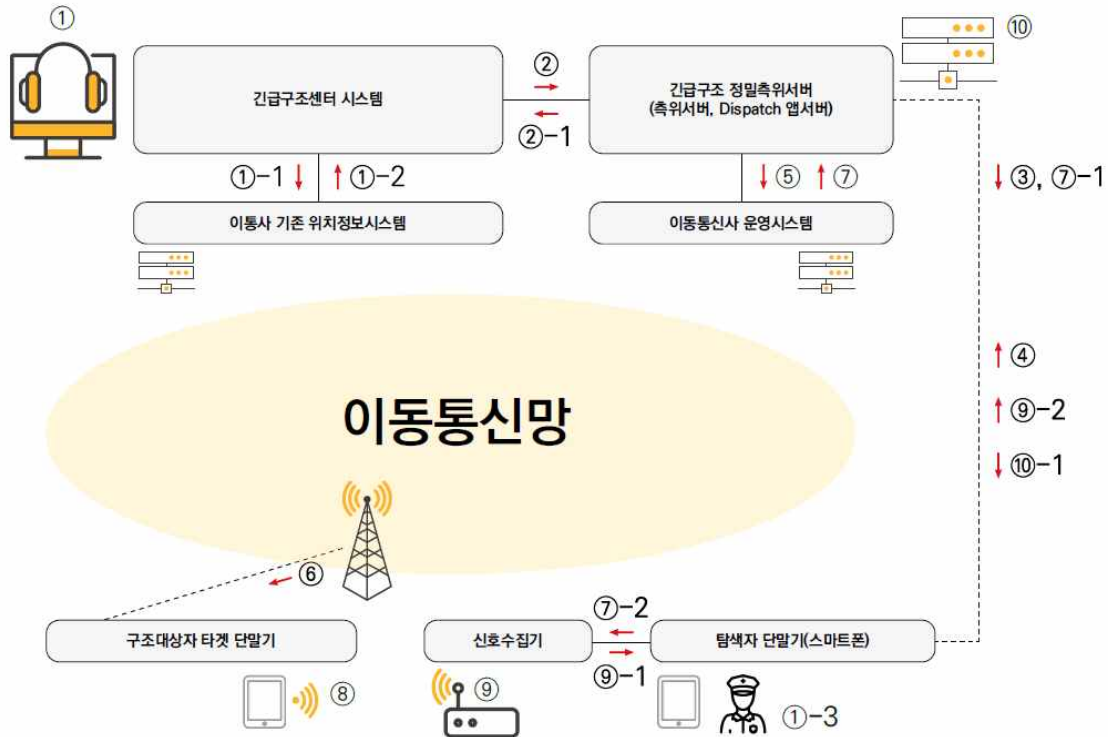
기존 이동통신 긴급구조 시스템에서 제공되는 측위성능은 미국 FCC 긴급구조 위치 정확도 규격에 준하여 설계되어 있다(수평 50m, 수직5m, 응답지연 30초 이내). 이는 산림이나 거주 밀집지역, 지하공간 등 비가시권(NLOS, Non-Line of Sight)에서 구조대상자 위치를 추적하는 데 정밀도가 미흡하다.

5.2 이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 시스템

이동통신 신호기반 긴급구조 서비스 시나리오가 적용되는 이동통신망에는 기능요소로 구조대상자의 '타겟 단말기', 현장 구조요원의 '탐색자 단말기', '탐색자 단말기'와 연결된 '신호수집기', '타겟 단말기'를 커버리지 내에서 서비스하는 '이동통신 시스템', '타겟 단말기'의 위치를 분석 도출하는 '긴급구조 정밀측위서버', 신고를 접수하고 현장구조요원(탐색자)을 통제하는 '긴급구조센터'가 있다([그림 4] 참조).

재난, 범죄, 실종 등 긴급상황에서 구조대상자가 가지고 있는 '타겟 단말기'에 대한 위치추적은 단말기로부터 송출되는 무선신호를 현장 구조요원들이 보유한 '신호수집기'가 탐색, 식별,

측정하는 것을 특징으로 한다. 따라서 '타겟 단말기' 무선신호 송출을 위한 특수한 호로서 '측위용 호(상향링크 신호발생)' 설정을 위한 '이동통신 시스템'의 역할이 필요하다.

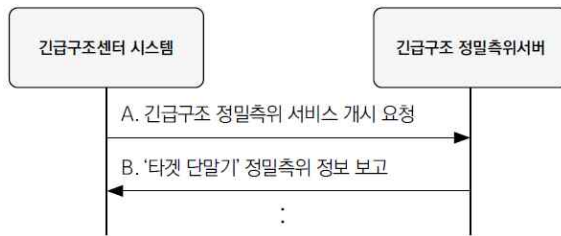


[그림 4] 이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 시스템 구성도

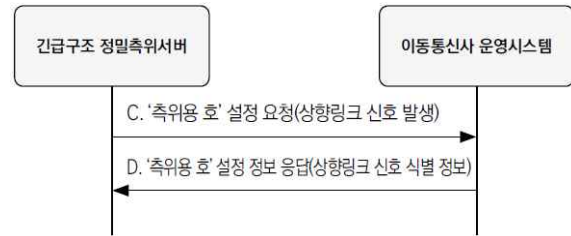
•서비스 플로우

이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 서비스 플로우를 시스템 구성요소 간의 연동을 통해 전반적으로 설명하면 아래와 같다.

- ① 긴급구조센터로 구조대상자에 대한 신고(시간, 장소, 전화번호 등)가 접수된다.
- ①-1 '긴급구조센터 시스템'은 이동통신사 기존 위치정보시스템에 전화번호 기반으로 구조대상자 단말기의 위치정보를 문의한다.
- ①-2 구조대상자 단말기 위치정보(Cell-ID, A-GNSS, WiFi 기반)를 회신한다.
- ①-3 긴급구조센터 지휘관은 구조대상자 위치 추정지역으로 '신호수집기'('신호수집기'는 '탐색자 단말기'와 연동)를 보유한 현장구조요원(탐색자)들을 출동시킨다.
- ② '긴급구조센터 시스템'은 '긴급구조 정밀측위서버'에 구조대상자 신고내역 및 추정된 위치 정보를 전달하며, 정밀측위 서비스 개시를 요구한다(provisioning).
- ②-1 긴급구조 정밀측위 서비스 플로우가 수행되는 동안, '긴급구조 정밀측위서버'에서 수집되고 있는 탐색자 그룹의 활동 내역 및 측위 알고리즘에 의해 도출된 '타겟 단말기' 위치정보가 '긴급구조센터 시스템'에 보고된다. 시점 상, 정밀측위 수행 내역 및 결과 회신은 서비스 플로우 '⑨', '⑨-1', '⑨-2', '⑩', '⑩-1' 이후에 전달된다. (서비스 플로우 '⑨' ~ '⑩' 이 반복 수행되면서 구조대상자 위치측정 정확도 증가) '긴급구조 정밀측위서버'는 고유의 '측위 서비스' 기능 외에 탐색자 그룹(dispatch group)의 구조활동을 지원하는 'Dispatch 지원 서비스' 기능을 갖는다.



[그림 5] '긴급구조센터 시스템'과 '긴급구조 정밀측위서버' 간 서비스 개시 메시지 절차



[그림 6] '긴급구조 정밀측위서버'와 '이동통신사 운영시스템' 간 호 설정 요청 메시지 절차

- ③ '긴급구조 정밀측위서버'는 현장 '탐색자 단말기(스마트폰)'와의 앱 통신을 통해, 구조대상자 정보(신고내역, 실종자 또는 피해자 정보, 현장지도)를 현장구조요원들에게 전달한다.
- ④ 신고된 구조대상자 추정지역에 도착한 현장구조요원은 1) '신호수집기'와 '탐색자 단말기'를 연결시키고, 2) 앱을 통해 '긴급구조 정밀측위서버'에 '측위용 호' 설정을 요청한다.
- ⑤ '긴급구조 정밀측위서버'는 '측위용 호' 설정 요청 메시지를 정의된 프로토콜로 '이동통신사 운영시스템'에 전달한다.
- ⑥ '이동통신사 운영시스템'을 통해 '측위용 호' 설정 명령을 받은 해당 기지국은 구조대상자 '타겟 단말기' 활성화를 위한 '측위용 호' 설정 절차를 개시한다(RRC 스케줄러 기능을 통해 '타겟 단말기'에 상향링크 자원블럭을 임의 할당하므로써 상향링크 트래픽 신호 유발).
- ⑦ 기지국이 수행한 '측위용 호' 설정에 따른 무선접속 및 자원할당 정보(주파수 대역, 서빙셀 ID, 동기정보, 할당 된 상향링크 자원블럭 정보, 설정 유지기간 등)가 '이동통신사 운영시스템'을 경유해 '긴급구조 정밀측위서버'로 전달된다.
- ⑦-1, ⑦-2 '측위용 호' 설정에 따른 무선접속 및 자원할당 정보는 '긴급구조 정밀측위서버'를 경유해 '탐색자 단말기'로 전달되고, 궁극적으로는 '탐색자 단말기'에 연결된 '신호수집기'에서 '타겟 단말기' 발생신호를 탐색, 식별하는 용도로 사용한다.
- ⑧ 구조대상자의 '타겟 단말기'는 접속된 기지국 RRC 스케줄러로부터 할당받은 상향링크 자원블럭에 패딩 데이터를 채워서 모바일 발생 무선신호로 송신한다('측위용 호' 트래픽 발생).
- ⑨ 현장구조요원(탐색자)들은 '신호수집기'를 이용해 '타겟 단말기'의 상향링크 신호를 탐색, 식별, 측정한다('측위용 호' 설정에 사용된 자원할당 정보를 '타겟 단말기' 식별자로 활용). '신호수집기'는 1) RF 수신기능만 가지고, 2) PHY 수준(RSSI, ToA)에서 상향링크 신호수집 및 측정기능을 수행하며, 3) 탐색 기준점으로서 위치, 고도 및 이동 방향을 측정하는 센서류를 장착한다.
- ⑨-1 '신호수집기'에서 수행된 '타겟 단말기' 상향링크 신호측정 정보는 '신호수집기' 자체 센서의 위치, 고도 및 방향 정보, 측정 시각과 함께 현장 '탐색자 단말기'로 전달(경유)된다.
- ⑨-2 측정된 '타겟 단말기'의 상향링크 신호세기와 '신호수집기' 위치 정보는 '탐색자 단말기'를 경유하여 '긴급구조 정밀측위서버'로 전달된다.
- ⑩ '긴급구조 정밀측위서버'는 다수의 '신호수집기'로부터 받은 '타겟 단말기' 신호 측정치, '신호수집기' 자체의 위치정보, 정밀측위서버가 보유하고 있는 지형 데이터베이스, 서버내 정밀측위 알고리즘을 이용해 실시간으로 '타겟 단말기'의 정밀 위치를 도출한다.
- ⑩-1 도출된 '타겟 단말기'의 정밀측위 정보는, 지형정보, 최적 탐색 경로 지시 등과 함께 현

장구조요원 '탐색자 단말기'에 전달되어 현장 구조활동에 활용된다.

⑩-2 현장구조요원의 이동에 따라 '⑨'~'⑩' ('⑨', '⑨-1', '⑨-2', '⑩', '⑩-1') 이 반복 수행되면서 구조대상자에 대한 측위 정확도가 증가된다.

5.3 이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 표준화 제안

이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 서비스를 위해 '긴급구조센터 시스템', '긴급구조 정밀측위서버', '이동통신사 운영시스템' 간의 인터페이스와 프로토콜 표준화가 요구된다. ([그림 4] '이동통신 신호기반 긴급구조 정밀측위 시스템 구성도'에서 ②, ②-1, ⑤, ⑦ 해당)

• '긴급구조센터 시스템'과 '긴급구조 정밀측위서버' 간 인터페이스

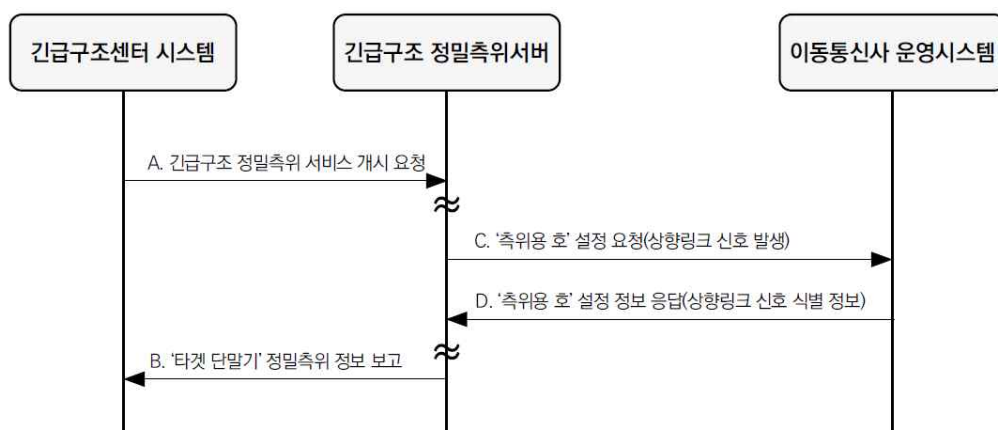
'긴급구조센터 시스템'과 '긴급구조 정밀측위서버'는 동일 건물내 설치 운영 또는 원격지에 설치 운영될 수 있다. 둘 간의 인터페이스는 보안이 강화된 IP 망으로 응용계층 프로토콜이다. OMA(Open Mobile Alliance)에서 정의한 MLS(Mobile Location Service) MLP(Mobile Location Protocol) 프로토콜을 사용한다.

'긴급구조 정밀측위 서비스 개시 요청' 메시지에는 구조대상자 단말기 번호(MSISDN, Mobile Station International Subscriber Directory Number)가 포함되고, '타겟 단말기' 정밀측위정보 보고' 메시지에는 시간, Cell-ID, 위도/경도/고도 및 도출된 주소 정보가 포함된다.

• '긴급구조 정밀측위서버'와 '이동통신사 운영시스템' 간 인터페이스

'긴급구조 정밀측위서버'와 '이동통신사 운영시스템'은 동일 건물내 설치 운영 또는 원격지에 설치 운영될 수 있다. 둘 간의 인터페이스는 보안이 강화된 IP 망으로 응용계층 프로토콜이다. '측위용 호' 설정 요청' 메시지에는 구조대상자 단말기 번호와 측위 방식(e.g., 상향링크 신호발생), 측위용 상향링크 자원블럭(resource block) 할당 요구 정보가 포함되고, '측위용 호 설정 정보 응답' 메시지에는 서비스 주파수/대역정보, 서빙셀 ID, 상향링크 동기정보, 할당된 측위용 상향링크 자원블럭 정보, 설정 유지기간 정보가 포함된다.

• '긴급구조센터 시스템','긴급구조 정밀측위서버','이동 통신사 운영시스템' 간 메시지 절차



[그림 7] '긴급구조센터 시스템', '긴급구조 정밀측위서버', '이동통신사 운영시스템' 간 정밀측위 서비스 개시 메시지 절차

6. 맺음말

이동통신 위치기반 서비스는 지도, 내비게이션, 지역기반 광고, 위치추적 등 기존 서비스에서 자율주행 자동차, 드론 등 고속이동체 운행 지원, 스마트공장의 사물통신 지원, 로봇 등 고신뢰 초정밀 실시간 위치기반 서비스로 진화하고 있다. 이에 발맞추어 이들 서비스를 지원하기 위한 측위기술도 다양한 모습으로 발전되어 왔다. 기존 이동통신 위치기반 서비스에서 GNSS와 Cell-ID 기반 측위기술이 가지고 있는 정밀도의 한계를 무선접속 측위기술의 발전으로 극복하고 있고, 다양한 센서기술, 영상처리 기술과의 협력과 빅데이터 및 AI/ML 기술과의 융복합으로 측위의 정확도와 응답시간의 성능을 향상시킨다. 즉, 5G 이동통신에서 채택된 NR(New Radio) RAT(Radio Access Technology) 기반의 다양한 측위기술은 가용한 RAT 독립 측위기술, AI/ML 기술과 융복합되어 고신뢰 초정밀 실시간 측위기술로 고도화 된다. 5G 상용화 이후 통신기술 선도국 중심으로 B5G/6G 기술 선점 경쟁이 치열하고, 6G 비전과 도전기술들이 앞다투어 제시되고 있는데 이 중 센티미터(cm) 수준의 측위정밀도는 핵심 성능목표로 자리매김한다.

본고에서 긴급구조 측위기술로 제시한 이동통신 신호기반 정밀 측위기술은 RAT 기반 측위기술의 범주에 들어갈 수 있으나, '타겟 단말기'의 무선신호를 수집 측정하는 방식으로 현장 구조요원이 운용하는 '신호수집기'가 새로 제안되었다. 이 방안은 (i) 기존 이동통신 시스템에서 기능 변경이 없는 최소의 명령어 추가로 (ii) 서비스 중인 망의 품질에 영향을 최소화하여 (iii) 모든 단말을 추적 대상으로 적용할 수 있다는 점에서 획기적인 긴급구조 측위 솔루션이다. 특히 RAT 기반 측위기술에서 고정기지국 대신 움직이는(nomadic) 다수의 신호수집기를 적용할 때 정밀측위 성능을 크게 향상시킬 수 있다. 본고가 다양한 위치기반 서비스를 지원하는 솔루션 개발과 안전한 사회로 나가기 위한 긴급구조용 측위시스템 구축에 도움이 되길 바란다.

※ 본 연구는 한양대학교 산학협력단 주관 '긴급구조용 지능형 정밀측위 기술개발' (과제번호: 2019-0-01291) 과제의 협력과제로 수행되었다.

[참고문헌]

- [1] [White Paper] 'Key drivers and research challenges for 6G ubiquitous wireless intelligence', 6G Flagship, Oulu Univ., 2019.9
- [2] [White Paper] '6G White Paper on Localization and Sensing', 6G Flagship, Oulu Univ., 2020.6
- [3] [White Paper] 'The Vision of 6G' Samsung Research, 2020.7.14
- [4] 'Towards 6G wireless communication networks: Vision, enabling technologies, and new paradigm shifts', XiaohuYOU, et al, Science China Information Sciences, 2020.6.15
- [5] [White Paper] '3GPP Releases 16 & 17 & Beyond', 5G Americas, 2021.1
- [6] [White Paper] 'The evolution of 5G New Radio positioning technologies', Nokia Bell Labs, 2021.2.22
- [7] <https://hexa-x.eu>
- [8] D1.2 Expanded 6G vision, use cases and societal values-including aspects of

sustainability, security and spectrum, Hexa-x, 2021.4

[9] <https://5g-ppp.eu>

[10] 'The European 5G Annual Journal/2021', 5G PPP, 2021.5

[11] '5G PPP Projects Phase 3 Brochure v7.2', 5G PPP, 2021.6

[12] TTA, TTA.KO-06.0401-Part1/R2, 긴급구조용 측위시스템 Stage 1: 요구사항, 2020

[13] TTA, TTA.KO-06.0401-Part1/R1, 긴급구조용 측위시스템 Stage 1: 요구사항, 2017

[14] TTA, TTA.KO-06.0434, 긴급구조용 측위 시스템 Stage 3: 인터페이스, 2016

[15] TTA, TTA.KO-06.0401-Part2, 긴급구조용 측위 시스템 Stage 2: 구조, 2015

[16] 3GPP, TS 38.305, NG-RAN; functional specification of UE positioning, 2021

[17] 3GPP, TS 36.331, E-UTRA; RRC; Protocol specification, 2018

[18] OMA, OMA-TS-MLP-V3_5, Mobile Location Protocol, 2020

[19] '2020 국내 위치정보산업 실태조사 보고서', 방송통신위원회, 2021.2

[20] 'LTE Location Based Services Technology Introduction', Rohde & Schwarz, 2013.9

※ 출처: TTA 저널 제198호