

3GPP 에서의 5G NR 기반 포지셔닝(positioning) 표준화 동향

윤성준, 박동현, 이원석, 최상원*

주식회사 아이티엘, *경기대학교

{yoon.sungjun, park.donghyun, wslee}@gooditl.com, *swchoi20@kyonggi.ac.kr

Overview on standardization of positioning based on 5G NR in 3GPP

Yoon Sung Jun, Park Dong Hyun, Lee Won Seok, Choi Sang Won*

ITL, *Kyonggi Univ.

요 약

본 논문은 3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서의 5G NR(New Radio) 기반 포지셔닝(positioning) 표준화 동향에 관한 것으로, 릴리즈(release)-16 및 릴리즈-17 에서 논의 중인 RAN(Radio Access Network) 측면에서의 표준화 내용을 포함하고 있다. 3GPP에서는 다양한 5G NR의 응용기술 중 하나로 LTE 기반의 측위(포지셔닝) 기술을 5G NR을 고려하여 릴리즈-16 버전으로 표준화하였다. 또한, 릴리즈-17 버전으로 릴리즈-16 버전의 NR 기반의 포지셔닝을 실내 공장(indoor factory) 등 IIoT(Industrial Internet of Things) 환경을 고려하여 보다 개선하는 표준화 작업을 2020년 하반기부터 진행하고 있다.

I. 서론

3GPP(3rd Generation Partnership Project)에서는 릴리즈(release)-8 버전(version)에서 LTE(Long Term Evolution)에 대한 표준화를 최초로 완료하였다. 이후 릴리즈-9 버전에서는 LTE를 기반으로 한 측위 기술로 포지셔닝(positioning)에 대한 표준화를 완료하였다. 이는 PRS(Positioning Reference Signal)라는 전용 참조신호(reference signal)를 통해 OTDOA(Observed Time Difference of Arrival) 방식의 기지국으로부터의 단말로의 신호를 기반으로 하는 하향링크 측위 기술을 그 중심으로 한다.

한편, 3GPP에서는 5G NR(New Radio)에 대한 릴리즈-15 버전의 표준화를 2018년 03월까지 완료하였으며, 2018년 하반기부터 시작하여 이에 대한 보강 작업 및 릴리즈-16 버전으로 이를 개선하거나 응용기술을 접목한 표준화 작업을 진행하였으며, 2020년 상반기에 마무리하였다. 다양한 5G NR의 응용기술 중 하나가 앞서 언급한 LTE 기반의 측위 기술을 5G NR을 고려하여 개선한 NR 기반의 측위 기술이다.

또한, 릴리즈-16 버전의 NR 기반의 포지셔닝을 실내 공장(indoor factory) 등 IIoT(Industrial Internet of Things) 환경을 고려하여 보다 개선하여, 릴리즈-17 버전의 NR 기반의 포지셔닝에 대한 개선작업을 2020년 하반기부터 진행하고 있다.

II. 본론

측위 기술은 LTE 기반에서 NR 무선기술을 이용하여 추가로 개선되고 있는 실정이다. 상업적 용도로 사용할 경우, 커버리지 내의 80% 사용자에게 대하여 실내의 경우 최대 3m 이내의 오차를, 실외의 경우 최대 10m 이내의 오차를 만족시키기 위한 기술들을 포함한다. 이를 위해서 하향링크 및/또는 상향링크에 대하여 도착 시간(time)을 기반으로 한 기술 및 출발/도착 각도(angle)를 기반으로 한 기술 등 다음과 같은 다양한 기술들이 고려되고 있다.

하향링크 기반 방법으로, 시간을 기반으로 한 기술로 DL-TDOA(Time Difference of Arrival)가 있으며, 각도를 기반으로 한 기술로 DL-AoD(Angle of Departure)가 있다. DL-TDOA에 기초하여 단말의 위치를 추정하는 경

우, 서로 다른 전송 포인트에서 전송되는 신호들의 도착 시간 차이를 계산하고, 도착 시간 차이 값 및 전송 포인트의 각각의 위치 정보를 통해 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다. 또한, DL-AoD에 기초하여 단말의 위치를 추정하는 경우, 단말로 전송되는 신호의 발사각을 확인하고, 전송 포인트의 위치를 기준으로 신호가 전송되는 방향을 확인하여 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다.

또한, 상향링크 기반 방법으로, 시간을 기반으로 한 기술로 UL-TDOA(Time Difference of Arrival)가 있으며, 각도를 기반으로 한 기술로 UL-AoA(Angle of Arrival)가 있다. 예를 들어, UL-TDOA에 기초하여 단말의 위치를 추정하는 경우, 단말로부터 전송되는 신호가 각각의 전송 포인트로 도착하는 시간 차이를 계산하고, 도착 시간 차이 값 및 전송 포인트의 각각의 위치 정보를 통해 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다. 또한, UL-AoA에 기초하여 단말의 위치를 추정하는 경우, 단말로부터 전송되는 신호의 도래각을 확인하고, 전송 포인트의 위치를 기준으로 신호가 전송되는 방향을 확인하여 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다.

또한, 하향링크 및 상향링크 기반 방법으로, multi-cell RTT(Round-Trip Time), NR 하향링크 및 상향링크 측위를 위한 하나 또는 그 이상의 인접 gNodeB 들 및/또는 TRP(Transmission Reception Point)들 간의 RTT 및 E-CID(Enhanced Cell ID) 등이 있다. Multi-cell RTT에 의해 단말의 위치를 추정하는 경우, 복수 개의 셀에서 신호가 전송되었다가 응답을 수신하는 시간(즉, RTT)을 측정하여 복수 개의 셀의 위치 정보를 통해 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다. 또한, gNodeB 들 및/또는 TRP들에서 RTT 신호를 확인하여 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다. 또한, E-CID에 기초하여 단말의 위치를 추정하는 경우, 도래각 및 수신 강도를 측정하여 각각의 셀 아이디를 확인하여 셀 위치 정보를 통해 단말의 위치 추정이 가능할 수 있다.

앞서 언급한 기술들을 실현하기 위해서, LTE 하향링크 기반의 PRS는 NR 하향링크 구조에 따라 변경된 DL PRS로 새롭게 논의되었다. 추가적으로 상향링크를 위해서는 MIMO 등을 고려한 NR 기반의 상향링크 참조신호

인 SRS(Sounding Reference Signal)를 측위까지 고려해서 개선하는 방향으로 표준화가 진행되었다.

아래 표 1 및 표 2는 각각 하향링크 및 상향링크에 대하여 앞서 언급한 NR 기반 릴리즈-16 버전의 다양한 포지셔닝(positioning) 기술을 정리한 표이다.

표 1: NR 기반 릴리즈-16 버전의 포지셔닝 기술
- 하향링크(downlink) 기반(UE measurement)

DL/UL Reference Signals	UE Measurements	To facilitate support of the following positioning techniques
Release-16 DL PRS	DL RSTD	DL-TDOA
Release-16 DL PRS	DL PRS RSRP	DL-TDOA, DL-AoD, Multi-RTT
Release-16 DL PRS / Release-16 SRS for positioning	UE Rx-Tx time difference	Multi-RTT
Release-15 SSB / CSI-RS for RRM	SS-RSRP(RSRP for RRM), SS-RSRQ(for RRM), CSI-RSRP(for RRM), CSI-RSRQ(for RRM), SS-RSRPB(for RRM)	E-CID

표 2: NR 기반 릴리즈-16 버전의 포지셔닝 기술
- 상향링크(uplink) 기반(gNodeB measurement)

DL/UL Reference Signals	gNodeB Measurements	To facilitate support of the following positioning techniques
Release-16 SRS for positioning	UL RTOA	UL-TDOA
Release-16 SRS for positioning	UL SRS-RSRP	UL-TDOA, UL-AoA, Multi-RTT
Release-16 SRS for positioning, Release-16 DL PRS	gNB Rx-Tx time difference	Multi-RTT
Release-16 SRS for positioning	AoA and ZoA	UL-AoA, Multi-RTT

한편, 새로운 어플리케이션 및 산업 구조로서 산업 사물인터넷(IoT)을 고려하는 경우, 포지셔닝 오차에 대한 요구사항이 높게 설정될 수 있다 또한, 포지셔닝 동작과 관련하여 향상된 솔루션을 제공하기 위해 수평 및 수직 위치 측정에 대한 높은 정확도, 낮은 지연, 네트워크 효율(scalability, RS overhead 등) 및 단말 효율(power consumption, complexity 등)에 대한 요구사항을 추가적으로 고려하고 있다.

포지셔닝 동작은 IIoT 시나리오를 고려하여 높은 정확도를 갖도록 요구사항이 고려될 수 있다. 이를 위해 하향링크/상향링크 위치 참조신호, 정확도 향상을 위한 시그널링/절차, 감소된 지연, 네트워크 효율 및 단말 효율을 향상시키는 방안을 고려할 수 있다.

이에, 스마트홈이나 웨어러블을 위한 IoT 기기들 등 상업적인 유즈 케이스들과 스마트 팩토리에서의 IoT 기기들 등 IIoT 유즈 케이스들에서, 보다 높은 정확도와 낮은 지연 및 네트워크/단말 효율을 위해 NR 기반의 측위 기술들의 성능을 개선하는 작업이 릴리즈-17 버전의 NR 기반의 포지셔닝에서 적용되고 있다. 이와 관련하여, 상업적인 유즈 케이스들의 경우 최대 1m 이내의 오차로, IIoT 유즈 케이스들의 경우 최대 0.2m 이내의 오차로 보다 정확도를 높이며, 지연 시간도 기존 100ms 이내에서 10ms 이내로 더 줄이는 것을 목표로 하고 있다.

여기서, 실내에서의 스마트 팩토리를 위한 기기들 등을 고려한 IIoT 시나리오는 아래 표 3 과 같을 수 있다. 또한, 아래 표 4 는 IIoT 시나리오를 고려하여 시뮬레이션을 위한 설정을 나타낼 수 있다. 구체적으로, 표 4 에서 스마트 팩토리 등 IIoT 시나리오를 고려하여 홀 크기, 기지국 위치 및 방 높이를 설정하고, 이에 기초하여 기지국의 전송 및 수신 동작을 확인할 수 있다.

구체적으로, IIoT 시나리오는 내부 환경에서 클러스터(clutter)가 밀집되어 있는 경우(dense) 및 클러스터가 밀집되지 않은 경우(sparse)를 고려할 수 있다. 즉, 내부 환경에서 클러스터가 얼마나 존재하는지 여부에 따라 구

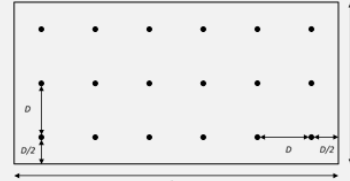
별될 수 있다. 또한, IIoT 시나리오로 안테나 높이가 클러스터의 평균 높이보다 높은 경우 및 낮은 경우를 고려할 수 있다. 즉, 클러스터의 밀집도 및 기지국과 클러스터 간의 안테나 높이 등을 시나리오 상에서 고려한 것 이외에 따라 전파의 특성이나 간섭이 달라지기에 포지셔닝에서 요구되는 각종 성능사항(정확도, 지연시간, 네트워크/단말 효율성 등)을 만족시키기 위한 포지셔닝의 기술이 조금씩 달라질 수 있기 때문이다.

하지만, 실제 적용에 있어서는 앞서 언급한 5 가지 시나리오에서의 요구사항을 모두 커버할 수 있는 공통적인 포지셔닝 기술이 적용될 수 있으며, 이에 대해서 1) 정확도 향상, 2) 지연시간 감소, 3) 네트워크/단말 효율 증대라는 측면에서 릴리즈-17 버전의 NR 기반의 포지셔닝에 대한 연구가 진행되고 있다.

표 3: 릴리즈-17 버전의 NR 기반의 포지셔닝에서의 IIoT 시나리오들

InF-SL	Indoor Factory with Sparse clutter and Low base station height (both Tx and Rx are below the average height of the clutter)
InF-DL	Indoor Factory with Dense clutter and Low base station height (both Tx and Rx are below the average height of the clutter)
InF-SH	Indoor Factory with Sparse clutter and High base station height (Tx or Rx elevated above the clutter)
InF-DH	Indoor Factory with Dense clutter and High base station height (Tx or Rx elevated above the clutter)
InF-HH	Indoor Factory with High Tx and High Rx (both elevated above the clutter)

표 4: 릴리즈-17 버전의 NR 기반의 포지셔닝에서의 시뮬레이션 가정 수치 [1]

Hall size	InF-SH: (baseline) 300x150 m (optional) 120x60 m InF-DH: (baseline) 120x60 m (optional) 300x150 m
Layout	18 BSs on a square lattice with spacing D, located D/2 from the walls. - for the small hall (L=120m x W=60m): D=20m - for the big hall (L=300m x W=150m): D=50m 
Room height	10m

III. 결론

앞서 언급하였듯이 릴리즈-16 버전을 위한 작업과제(Work Item, WI) 중 하나로써 NR 기반의 포지셔닝에 대한 표준화가 진행되었으며, 2020 년 상반기에 마무리하였다. 또한 릴리즈-16 버전의 NR 기반의 포지셔닝을 실내 공장 등 IIoT 환경을 고려하여 1) 정확도 향상, 2) 지연시간 감소, 3) 네트워크/단말 효율 증대라는 측면에서 보다 개선하여, 릴리즈-17 버전의 NR 기반의 포지셔닝에 대한 개선작업을 연구과제(Study Item, SI) 중 하나로써 2020 년 하반기부터 진행하였으며, 2021 년 04 월부터는 작업과제로 표준화를 진행하고 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 정보통신방송표준개발지원사업의 일환으로 수행 하였습니다. [과제고유번호 20210010240012002, 5G+ 기반 미션 크리티컬 스마트 모빌리티 서비스를 위한 표준기술 및 국제 표준화]

참 고 문 헌

- [1] 3GPP TR 38.857 v17.0.0, "Study on NR Positioning Enhancements (Release 17)," March 2021.