

# 3GPP RAN1#98-Bis NR NTN 이슈

김지형 한국전자통신연구원 책임연구원

## 1. 머리말

중국 충칭에서 2019년 10월 14일부터 20일까지 열린 3GPP RAN1#98-Bis에는 약 70여개 회사에서 450명 정도 참석하였다. 회의 기간 동안 3GPP 이동통신 규격에 대해 LTE release-8에서 release-14까지 규격의 유지보완 및 5G 이동통신 규격으로 개발 중인 new radio(NR)와 LTE가 포함된 release-15에 대한 유지·보완을 논의하였다. 또한 NR과 LTE의 release-16 규격을 위한 다양한 아이টে에 대해 지난 2018년 8월 회의부터 논의를 시작하였으며, NR release-16 아젠다 중 비지상 네트워크(NTN)는 스터디(study) 아이টে으로 RAN1에서는 지난 RAN1#96-Bis 회의부터 온라인 시간을 할당받아 본격적으로 논의되었다. 여기서는 NR 기반 NTN 아젠다에 대해 RAN1에서 논의된 사항을 기술한다.

## 2. 주요 회의 내용

이번 회의에서는 탈레스, ESA, 에릭슨, 노키아, 화웨이, ZTE, 미디어텍, 삼성, 퀄컴, 소니, 파나소닉, CATT, 미쓰비시, 인텔, 오포, CMCC, ETRI 등을 포함한 20여 개 회사에서 아래 5개의 아젠다에 대해 72건의 기고서가 제출하였다.

- 링크 레벨 및 시스템 레벨 성능 평가
- 물리 계층 제어 절차
- 상향 링크 타이밍 어드밴스(TA, timing advance)/RACH 절차
- 긴 지연에 대처를 위한 재전송 메커니즘
- 기타

위에 기술된 회사들에서 30여 명의 표준 멤버가 온·오프라인 회의에 참석하여 논의하였으며 각 아젠다의 구체적 논의 사항은 아래와 같다.

## 2.1 링크 레벨 및 시스템 레벨 성능 평가

Ka-밴드에서 전송 이득과 수신 이득의 불균형 문제를 보완하기 위해 위성 파라미터 중 위성 안테나 개구면과 최대 수신 이득값에 대해 수정했다. 또한 단말과 위성의 편파와 관련하여 캘리브레이션과 링크버짓에서 하향링크의 경우 휴대용 단말에서는 두 수신단의 결합으로 편파 변환(depolarization) 손실을 방지할 수 있다고 가정함으로써 편파 변환 손실이 없다는 가정에 합의했다. 상향링크에서 휴대용 단말의 경우 편파 재사용이 적용되고 위성 수신이 원형 편파를 구현한다고 가정할 때(예: 주파수 재사용 4 경우) 3dB 편파 변환 손실을 고려하며, 위성 수신이 빔 당 이중 편파를 구현할 때(예: 주파수 재사용 1과 3의 경우) 0dB 편파 변환 손실을 가정했다.

CIR(carrier-to-interference ratio) 계산에 대해서는 기준 빔(TR 38.821의 표 6.1.1-5의 단말 커버리지 가정)에 무작위로 분배된 10개 이상의 동시 전송 단말(휴대용 단말과 VSAT 경우 모두에 적용)을 평균하여 상향링크에 대한 CIR을 계산하는 것으로 합의했다. 다운링크 CIR도 기준 빔에 무작위로 분포된 단말들에 대해 평균화를 함으로써 계산한다. 링크 버짓에 대한 CIR/CNR(carrier-to-noise ratio)/CNIR(carrier-to-noise and interference ratio) 값 계산의 경우 기준 빔 풋프린트가 지구상에 완전히 존재하도록 하기 위해 기준 빔 조준 중심방향(boresight)의 최소 고도 각도는 GEO set-1과 set-2에 대해 각각 12.5°와 20°로 설정하였다. 이와 함께, 다운링크 채널에 대한 PAPR 최적화는 적어도 release-17 NTN에 대해 고려하지 않기로 하였으며, RAN2에서의 빔 직경 확대를 반영하여 잔여 도플러 시프트 값을 수정하기로 하였다.

## 2.2 물리 계층 제어 절차

지난 회의에 이어 스케줄링 오프셋( $K_{offset}$ )과 관련된 추가 합의가 이루어졌다. 스케줄링 오프셋은 NR에서 정의된 스케줄링 타이밍 설정에 추가되는 값으로 NTN의 수정해야 하는 타이밍 관계에 대해 뉴머롤로지나 슬롯 단위에 따라 동일하거나 다를 수 있다. RAR 상향링크 그랜트(grant)에 의해 스케줄링 된 PUSCH 전송을 위한 슬롯을 참조하여, RACH 전송에 대응하는 슬롯  $n$ 으로 끝나는 RAR 메시지를 갖는 PDSCH를 수신하면, 단말은 슬롯  $n + K_2 + \Delta + K_{offset}$ 에서 PUSCH를 전송한다. MAC-CE 명령을 전달하는 PDSCH에 대응하는 HARQ-ACK가 슬롯  $n$ 에서 전송될 때, MAC-CE 명령에 의해 지시된 하향링크 구성에 대응하는 단말의 행동 및 가정은  $n + XN_{slot}^{subframe, \mu} + K_{offset}$  후에 시작하는 첫 슬롯부터 적용하며,  $X$ 는 추후 규격 개발 시 정의한다. 단말이 슬롯  $n$ 에서 비주기적 SRS를 트리거링 하는 DCI를 수신하면, 단말은

슬롯  $\left\lfloor n \cdot 2^{\frac{\mu_{SRS}}{\mu_{PDCCH}}} \right\rfloor + k + K_{offset}$ 에서 트리거 된 각 SRS 리소스 세트의 비주기적 SRS를 전송한다. 이와 함께, 빔 관리와 관련하여 NTN 네트워크에서 다른 편파 기법/기능을 가진 단말을 지원하는 방법을 논의하였다. 여기에는 위성, 휴대용 단말, VSAT의 편파 기능(예: 선형 편파, 원형 편파, 편파 스위치)과 NTN 네트워크에서 송·수신을 위한 편파 모드 구성 등이 포함되며, 탈레스는 원형 편파에 대한 기본 사항(예: 선형 편파와의 차이점)을 설명하는 초안을 제공하기로 하였다. 또한, 피더 링크/서비스 링크 스위치가 NTN 물리 계층에 미치는 영향에

대해 논의하였으며, 향후 이에 대한 영향을 고려하기로 하였다.

### 2.3 상향 링크 타이밍 어드밴스/RACH 절차

네트워크에 의한 도플러 시프트의 사전보상 없는 LEO의 경우에 Rel-15 NR SSB에 기반한 동기화에 대한 강인한 성능을 달성하기 위해서는 단말 수신기에서의 추가적인 복잡도가 필요하다고 결론 내렸다. PRACH 설계에 대해서는 타이밍 및 주파수 오프셋의 사전 보상이 가정되는 경우(예를 들어, 단말에 높은 정확도를 가진 위치 정보 파악 기능이 있는 경우), 기존의 Rel-15 PRACH 포맷 및 프리앰블 시퀀스는 NTN에서 재사용 될 수 있음을 합의하였으며, 커버리지를 보장하기 위해 특정 조건에서 기존 형식 및 시퀀스(예: 반복 및/또는 더 큰 서브 캐리어 간격)를 기반으로 향상이 필요한지 여부는 추후 논의하기로 하였다. 또한, 타이밍 및 주파수 오프셋의 사전 보상이 수행되지 않는 경우 향상된 PRACH 포맷과 프리앰블 시퀀스의 도입이 유리함을 결론 내렸으며, 향상된 PRACH 포맷과 프리앰블 시퀀스에 대해 다음의 옵션들을 고려하기로 하였다.

- 옵션1: 더 큰 부반송파 간격과 반복수에 기반한 단일 Zadoff-Chu 시퀀스
- 옵션2: root가 다른 여러 Zadoff-Chu 시퀀스를 기반으로 하는 솔루션
- 옵션3: 추가 프로세스(예: 변조 및 변환 프리코딩)가 있는 프리앰블 시퀀스로서 Gold/m-시퀀스

상향링크 주파수 보상에 대해서는 주파수 오프셋 보상이 각각 상향링크와 하향링크에서 네트워크에 의해 수행되는 경우, 네트워크에 의한 보상된 주파수 오프셋 값의 지시가 유리하다고 합의하였다. 상향링크 전송을 위한 TA 조정에 대해서는 알려진 위치 및 위성 천문력을 가진 단말에서 TA의 자율 획득의 경우 서비스 링크의 영향을 포함하여 전체 TA의 보상이 단말에서 수행하는 방안과 단말 특정 차등 TA 보상이 단말에서 수행하는 방안에 대해 합의하였다. SIB/MIB를 통한 시그널링을 기반으로 브로드캐스팅을 통해 동일한 빔의 커버리지 내에서 모든 사용자에게 공용 TA를 지시하는 경우에 대해서는 공용 TA 계산을 위해 빔당 단일 기준점을 기준으로 간주하기로 하였으며, 공용 TA의 시그널링 외에도 기지국으로부터의 단말 특정 차등 TA 지시를 위한 Rel-15 시그널링에 대해 RAR의 TA 지시를 위한 범위 확장(명시적 또는 암시적)을 고려하기로 하였다. 해당 TA에 음수 값 반영 여부는 추후 논의하기로 하였다. 이와 함께, TA 조정을 위해 기지국에 의한 단말로의 타이밍 드리프트 레이트 지시를 합의하였으며, 주파수 드리프트 레이트 지시 여부는 추후 논의하기로 하였다.

### 2.4 긴 지연에 대처를 위한 재전송 메커니즘

16개의 HARQ 프로세스 ID를 유지하는 방안과 16 이상의 HARQ 프로세스 ID 방안에 대해 논의하였다. HARQ 소프트 버퍼 크기 요구 사항을 늘리지 않고 16 이상의 HARQ 프로세스 ID를 위한 방안으로 데이터 전송률 제한(예: 랭크 1 전송), 정지 및 대기 시간을 줄이기 위한 사전 활성화/pre-emptive HARQ, 단말 당 HARQ 프로세스 당 구성 가능한 HARQ 버퍼 사용 활성화

화/비활성화, 단말의 HARQ 버퍼 상태를 기지국에 보고하는 방안 등에 대해 논의하였다. 이와 함께, HARQ 비활성화와 관련하여 전송 중단 보고를 위한 새로운 UCI 피드백에 대해서 논의하였다. 이를 위해, HARQ 비활성화인 경우 하나 이상의 HARQ 프로세스가 상향링크 HARQ 피드백으로 구성되는 방안과 기지국은 이 피드백을 사용하여 하향링크 패킷의 전송이 모든 HARQ 프로세스에 대해 신뢰할 수 있는지 여부에 대해 추후 논의하기로 하였다.

### 3. 맺음말

이번 회의에서는 2019년 11월에 열리는 차기 회의인 RAN1#99가 Rel-16 RAN1 NTN 스터디 아이템의 마지막 회의이기 때문에 TR 38.821을 정리하기 위한 수순에 들어갔다. 여러 이슈의 솔루션에 대해 일반적인 설계 원칙을 TR에 넣고 상세한 내용은 향후 워크 아이템(WI)에서 결정하기로 하였으며 차기 회의까지 해당 문서를 정리하기로 하였다. 기술적 세부 합의 내용으로는 캘리브레이션과 링크 버짓을 위한 방법론을 명확히 설정하고 편파 관련 파라미터를 합의하였다. 또한 상향링크 전송을 위한 스케줄링 오프셋 파라미터, 새로운 PRACH 설계 방식 옵션들, 타이밍 어드밴스 조정을 위한 단말 특정 차등 TA 사항을 합의하였다. 한편, NTN의 요구사항에 대한 추가 이슈들이 매 회의마다 지속적으로 발굴됨에 따라 내년부터 시작이 예상되는 release-17 NTN에서는 위에서 기술한 내용들의 규격화 작업과 함께 다양한 주제들이 추가적으로 논의될 것으로 예상된다.