

# NTN Steerable beam 시나리오에서 측정 보고 트리거링을 위한 신호세기 및 품질 분석

백종수° 조준우° 김재현°°

아주대학교 AI 융합네트워크학과° 아주대학교 전자공학과°°

## Analysis of Signal Level and Quality for Measurement Report Triggering in NTN Steerable Beam Scenario

Jong Soo Baik° Jun-Woo Cho° Jae-Hyun Kim°°

Dept. of Artificial Intelligence Convergence Network°

Dept. of Electrical and Computer Engineering°°

Ajou University

{whdtn9376, cjlw8945, jkim}@ajou.ac.kr

### 요 약

Heterogeneous 네트워크에서 연결성 이슈의 패러다임이 비지상망으로 확장됨에 따라 Low earth orbit (LEO) 기반의 셀룰러 환경에 대한 관심이 높아지고 있다. 그러나 LEO는 높은 고도에 위치하고, 이동성이 높기 때문에 핸드오버가 빈번히 발생할 수 있다. 따라서 측정 기반의 핸드오버 트리거를 위해서는 LEO 환경에 알맞은 측정 보고 기준 값을 설정되어야 한다. 본 논문에서는 단말의 이벤트 기반의 측정 보고를 위한 기준 값을 설정하기 위해, non-terrestrial network (NTN) Steerable Beam 시나리오에서 LEO 간격에 따른 단말의 reference signal received power (RSRP)와 reference signal received quality (RSRQ) 경향을 분석한다.

### 1. 서론

6G 생태계에서는 네트워크 연결성이 지상망에만 국한되지 않고 비지상망(NTN: Non-Terrestrial Network)으로 확장되고 있다. 또한 위성 개발의 패러다임이 geostationary earth orbit (GEO)에서 low earth orbit (LEO)으로 변화함에 따라 LEO를 활용한 위성통신이 각광받고 있다 [1].

3GPP에서는 NTN의 구조 및 L2/L3 프로토콜 개발을 위해 기술 보고서(TR: technical report) #38.821를 작성하고 있다. 보고서에 명시된 LEO 참조 시나리오는 moving beam과 steerable beam으로 구분되어 있으며, 다양한 study case를 통해 주요 특징들을 분석하고 있다 [2].

그러나 LEO는 고속 이동성이 존재하기 때문에 기존 셀룰러 환경과는 다른 이동성 강화 (Connected Mode Mobility Enhancement) 방안이 필요하다. 특히나 높은 고도에 위치하고 있음으로 지연시간이 높아 측정값에 대한 유효성 문제도 하나의 주요 연구이슈가 되고 있다. 따라서 측정 기반의 핸드오버 트리거를 위해서는 LEO 환경에 알맞은 측정 보고 기준 값을 설정되어야 한다.

본 논문에서는 steerable beam 시나리오에서 단말의

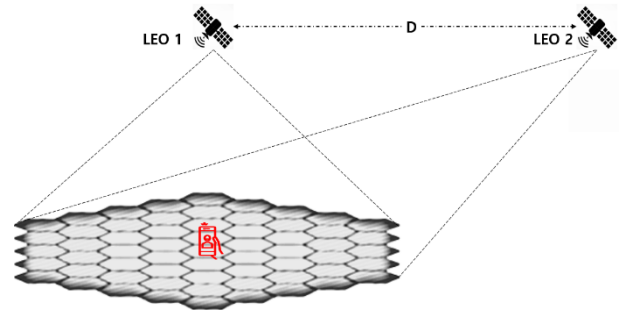


그림 1. 시스템 모델

이벤트 기반 측정보고를 수행하기 위한 기준 값을 설정하기 위해 단말에서 측정할 수 있는 reference signal received power (RSRP)와 reference signal received quality (RSRQ)의 경향도를 분석한다. LEO의 간격에 따른 RSRP 및 RSRQ를 측정함으로써 LEO 통신을 위한 측정 보고를 위한 기준 값을 선정할 수 있다.

### 2. 시스템 모델

본 논문에서 고려한 시스템 모델은 그림 1과 같이 LEO가 2대가 600 km 고도에 상공에 위치하고 있고 지상에 단말 1대가 있는 환경이다. 두 LEO 모두 2

GHz 대역을 지원하며, Frequency reuse factor 가 1 인 61 개의 beam 을 보유하고 있다. LEO 의 이동성 시나리오는 D 만큼의 일정 거리를 유지한 채 7.56 km/s 의 속도로 유지하는 것으로 설정한다.

LEO - 단말 간 pathloss 는 large scale 모델만 고려하며 (1)과 같다.

$$PL = P_{LoS}(FSPL + SF) + P_{NLoS}(FSPL + SF + CL), \quad (1)$$

$P_{LoS}$  와  $P_{NLoS}$  는 각각 line-of-sight (LoS) 확률과 non-LoS (NLoS) 확률이며,  $FSPL$ 은 free space path loss,  $SF$  는 shadow fading,  $CL$ 은 clutter loss 이다. 각 파라미터는 Deployment 시나리오 중 rural 에 해당하는 값으로 설정하며 그 외 성능분석을 위한 파라미터들은 [2] 의 study case 9 와 동일하다.

### 3. 결과 분석

단말이 수신한 RSRP 와 RSRQ 의 수학적 분석을 위해 (2)와 (3)과 같이 계산한다.

$$RSRP = EIRP_{LEO} + G_{A,LEO} + G_{A,UE} - PL, \quad (2)$$

$$RSRQ = RSRP - noise - RSSI + N_{RB}, \quad (3)$$

$EIRP_{LEO}$ 는 resource block 당 전송 전력,  $G_{A,LEO}$ 는 LEO 의 안테나 이득,  $G_{A,UE}$ 는 UE 의 이득이다.

RSRQ 는 아래와 같다. RSRP는 현재 통신하고 있는 beam 의 reference 신호 세기이며,  $noise$ 는 열 잡음,  $RSSI$ 는 UE 가 받는 모든 신호 세기,  $N_{RB}$ 는 동일한 대역폭을 통해 측정된 resource block 수이다.

그림 2 와 그림 3 의 ‘O’는 LEO 1 의 신호, ‘\*’는 LEO 2 의 신호를 나타낸다. LEO 1 과 LEO 2 는 시간에 따라 움직이며 각 LEO 의 beam 이 바라보는 지역은 시뮬레이션 시간동안 고정된다. 측정 시점은 LEO 1 이 통신 지역 상공을 지날 때부터 100 초 동안이며, LEO 의 RSRP 와 RSRQ 를 측정할 UE 는 통신 지역의 중앙에 배치되어 있다.

그림 2 는 시간에 따라 변화하는 RSRP 값을 나타낸다. RSRP 는 인접 beam 들로 인한 interference 를 반영하지 않는 지표이기 때문에 간격 D 가 변화해도 LEO 1 의 신호세기는 일정하다. LEO 2 는 간격 D 가 커질수록 통신지역 상공에 있는 LEO 1 기준점으로부터 멀어지기 때문에 통신지역과 거리가 멀어지며 신호세기가 약해진다. 따라서 LEO 1 의 값이 LEO 2 의 값보다 높은 시간이 길어진다.

그림 3 은 시간에 따라 변화하는 RSRQ 값을 나타낸다. RSRQ 는 인접 beam 들로 인한 interference 를 반영하기 때문에 간격 D 에 따라 LEO 1 의 신호품질이 변화한다. LEO 2 는 통신지역과 멀어질수록 거리로 인한 path loss 가 증가하지만 인접 beam 들이 UE 와 이루는 각도가 줄어들어 안테나 이득이 상당히 증가한다. 따라서 간격 D 가 커질수록 LEO 2 의 interference 가 증가하고, LEO 1 의 신호품질이 감소한다.

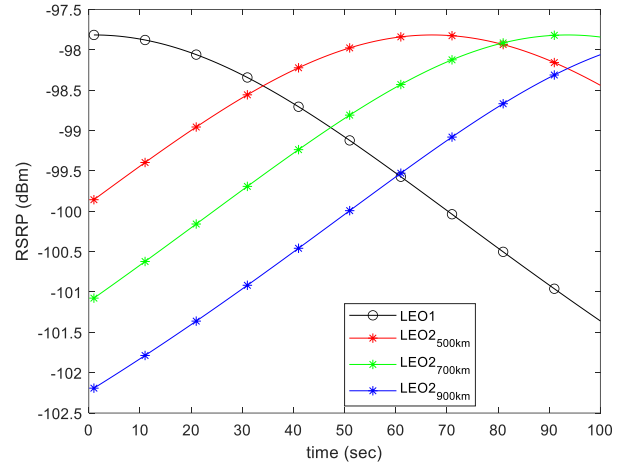


그림 2 시간에 따른 RSRP

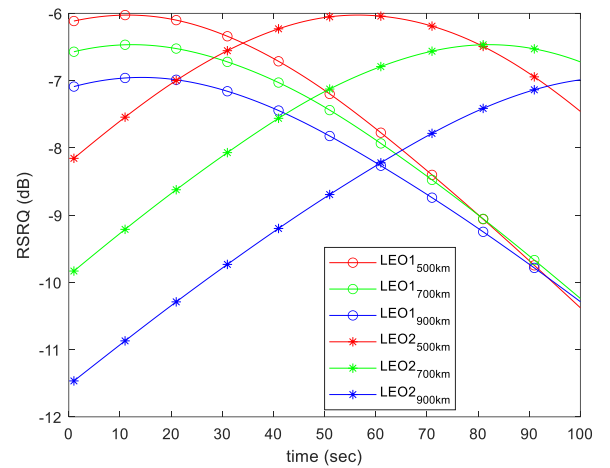


그림 3 시간에 따른 RSRQ

### 4. 결론

RSRP/RSRQ 는 셀 선택 및 핸드오버를 진행하기 위한 지표로 사용된다. 비지상망 환경에서 주요 이슈인 위성 간격 및 궤도 당 위성 수를 결정하기 위해선 필수적으로 고려되어야 할 지표다. 본 논문에서는 3GPP 에서 고려하는 여러 LEO 참조 시나리오 중 steerable beam 시나리오에서 UE 가 받는 두 LEO 의 RSRP/RSRQ 값을 간격 D 에 따라 분석하였다. 분석 결과 간격이 멀수록 핸드오버가 발생하기 전까지의 시간이 길어지지만 interference 가 강해져 신호 품질이 떨어진다. 향후 연구에서는 본 논문에서 분석된 내용을 기반으로 다중 궤도 시나리오에서 최적의 LEO 배치 방법에 대해 연구가 필요하다.

### 5. 참고 문헌

- [1] 6G Flagship white paper, “White paper on broadband connectivity in 6G,” Jun. 2020.
- [2] 3GPP TR 38.821 v16.0.0: “Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN) (Release 16)”