

# Non-Terrestrial Networks 환경에서의 System Information Block Type 표준화 동향

문재준, 정해준  
경희대학교

mjj7343@khu.ac.kr, haejoonjung@khu.ac.kr

## A Survey of System Information Block Type Protocol Specification in Non-Terrestrial Networks

Jaejoon Moon, Haejoon Jung  
KyungHee Univ.

### 요약

본 논문은 NTN 환경에서 단말 초기 동작을 좌우하는 시스템 정보의 역할을 다룬다. MIB 와 SIB1 은 복호화에 필요한 최소 물리 정보를 제공한다. SIB31은 서빙 위성에 대한 동기 유지를 지원하고, SIB32는 향후 가시성과 커버리지 변화를 예측하게 하며, SIB33은 이웃 위성 및 셀 탐색과 측정 선보정을 돋는다. 본 연구는 3GPP TS 36.331에 규격화된 SIB의 정의와 관련 단말 동작 규정을 조사하고 동향에 대해 분석한다.

### I. 서 론

비지상네트워크 (Non-Terrestrial Networks, NTN)은 지상네트워크 (Terrestrial Networks, TN)를 보완 및 확장하는 차세대 무선 인프라로서 6G 의 핵심 구성으로 주목받고 있다[1]. 기존 TN 은 해양, 산악, 오지 등에서의 커버리지 공백, 인프라 구축 비용 등 구조적인 제약을 가진다. 이러한 한계점을 보완하기 위해 NTN 은 위성과 같은 플랫폼 기반의 광범위한 커버리지, 지상 인프라 의존도 완화에 따른 복원력, 저전력 대규모 사물인터넷 (Internet of Things, IoT)을 포함한 다양한 단말 계층의 수용성을 제공한다[2]. 최근에는 저궤도 (Low Earth Orbit, LEO) 위성의 대량 배치, 단말의 직접 접속 (Direct-to-Device), 도플러나 전파지연의 사전 보상 등과 같은 기술이 빠르게 성장하고 있으며[3], 3GPP Release 17 의 TS 36.331 에는 NTN 운용을 위한 System Information Block Type (SIB) 규격이 반영되었다[4].

SIB 는 단말 초기 동작을 위한 브로드캐스트 시스템 정보로서, Master Information Block Type (MIB), SIB1 을 기초로 NTN 환경에서 필요한 epoch, Uplink 동기화 유효 시간, 위성 궤도 상태 정보 등의 보조정보를 제공한다. 특히 SIB31, 32, 33 은 LTE 및 Narrowband Internet of Things (NB-IoT) 계열의 NTN 을 위해 도입되어, 위성 궤도 보조 정보 (SIB31), 불연속 커버리지 및 가시성 예측 보조 정보 (SIB32), 인접 NTN 셀 측정 및 판별 보조 정보 (SIB33)을 정의함으로써 NTN 에서도 단말과 시간/주파수 동기화, 링크 안정화를 가능하게 한다[5].

본 논문은 3GPP 표준에 등재된 SIB31, 32, 33 을 대상으로 표준화 동향을 분석하고, 각 정보요소가 NTN 시나리오에서 어떤 영향을 미치는지 분석한다.

### II. 본론

#### II-1. MIB & SIB1

UE 의 초기 접속 절차는 MIB→SIB1→기타 SIB 의

순서로 진행된다. MIB 가 제공하는 최소한의 물리계층 정보 없이는 DL-SCH 복호가 불가능하고, SIB1 이 제공하는 시스템 정보 스케줄 없이는 후속 SIB 의 존재나 주기를 알 수 없다.

MIB 는 하향링크 물리계층 해석에 필요한 최소 정보를 제공한다. 대표적인 정보 요소로는 시스템 프레임 번호, 하향링크 대역폭 등을 가지고 있다. 이 파라미터들은 PDCCH/PDSCH 의 구성을 결정하여 이후 DL-SCH 복호를 가능하게 한다.

SIB1 은 시스템 정보 방송 스케줄과 셀 접근 및 선택의 기본 기준을 제공하며 핵심 정보 요소로 schedulingInfoList, systemInfoValueTag 등 포함된다.

NTN 환경에서는 큰 전파 지연과 도플러 등으로 인해 UE 는 추가적인 시스템 정보(SIB31, SIB32, SIB33 등)를 필요로 한다. 이러한 후속 정보의 관리는 SIB1 이 지시하므로 MIB 와 SIB1 의 의존성은 NTN 셀에서도 동일하게 유지된다.

#### II-2. SIB31

SIB31 은 NTN 셀에서만 방송되며, 서빙 위성에 대한 보조 정보를 제공하여 단말의 시간 및 주파수 동기화 유지와 상향링크 전송 보정을 지원한다. 단말은 MIB 와 SIB 를 통해 시스템 정보 스케줄을 획득한 뒤 공지된 윈도우와 주기에 따라 SIB31 을 수신한다.

SIB31 의 최상위 페이로드는 ServingSatelliteInfo 이며 r17 에서는 ephemerisInfo 를 통해 위성의 ephemeris 정보를 제공한다. 이때 표현방식은 ECEF 좌표계의 위치, 속도 6 성분으로 구성된 EphemerisStateVectors 또는 ECI 좌표계의 태원 궤도요소 6 성분으로 구성된 EphemerisOrbitalParameters 중 하나를 선택한다. 또한 공통된 상향링크 동기 유효시간, 적용 시작 시각 (UTC), 하향-상향링크 정렬 보정 등이 포함된다. 정수 인코딩된 값은 규정된 선형 스케일을 적용해

물리 단위로 복원한다.

3GPP release 확장으로 r18 에서는 ServingSatelliteInfo 는 satelliteId, 기준위치를 나타내는 referenceLocation, 위치 기반 측정 가능한 distanceThresh 를 제공한다[6]. r19 에서는 운용 모드 전환 예정 시각을 전달하는 t-ModeSwitching 을 추가한다[7]. 두 확장 블록은 옵션이며 존재하지 않을 경우 r17 코어만으로 동작 가능하도록 하위 호환이 유지된다.

## II-2. SIB32

SIB32 는 NTN 셀에서 불연속 커버리지와 가시성 예측을 지원하기 위한 보조 정보를 브로드캐스트한다. UE 는 MIB 와 SIB1 을 통해 시스템 정보 스케줄을 획득한 뒤, 공지된 윈도우와 주기에 따라 SIB32 를 수신하며, 수신된 정보는 측정, 핸드오버 후보 탐색의 사전 계획에 활용된다.

SIB32 의 핵심 페이로드는 satelliteInfoList 로 하나 이상의 SatelliteInfo 엔트리를 포함한다. 각 엔트리는 위성 식별자 satelliteId, 서비스 시점의 궤도 정보를 제공하는 serviceInfo, 가시 영역을 요약하는 footprintInfo 로 구성된다. SIB32 에서는 Two-Line Elements (TLE) 기반 궤도 파라미터를 제공하여 단말이 임의 시점의 가시성을 예측할 수 있게 하고, UTC 타입으로 정의된 서비스 시작 시점을 제공한다. SIB31 과 마찬가지로 모든 수치는 정수 인코딩으로 전달되며, 규정된 선형 스케일을 적용해 물리 단위로 복원한다.

UE 관점에서 SIB32 는 가시성 여부의 시작과 종료를 추정하고 불연속 커버리지에서 측정 개시 시점, 우선순위, 대상 위성 집합을 계획하는 데 사용된다. 또한 단말은 궤도 전파를 통해 특정 시간의 가시성과 도플러 경향을 사전에 계산할 수 있어 NTN 환경에서의 측정 부하나 전력 소모를 완화할 수 있다.

## II-2. SIB33

SIB33 는 이웃 위성과 셀에 대한 보조정보를 방송하여 측정, 재선택, 핸드오버 후보 탐색을 지원한다. NTN 셀에서 사용되는 것이 기본이지만, 필요 시 TN 셀에서 특정 상황안에서 이웃 위성 보조정보를 포함하도록 전송될 수 있다.

핵심 페이로드는 neighbourSatelliteInfoList 로, 각 엔트리는 위성 식별자 satelliteId 와 ephemerisInfo 를 포함한다. SIB32 와 마찬가지로 ECEF 기준 위치 속도 6 성분이나 ECI 궤도요소 6 성분 중 하나로 제공된다. 이외에 적용 기준 시각이나 유효시간 등이 포함되어 단말이 이웃 셀에 대한 전파 지연과 도플러 추정을 할 수 있게 한다. 마찬가지로 모든 수치는 정수 인코딩으로 전송되어 규정된 선형 스케일을 적용해 물리 단위로 복원한다.

r19 부터 NR 이웃 셀 관련 보조정보와 운용 모드 지시를 선택적으로 포함할 수 있다. 또한 동일 위성에 대해 NB-IoT/NR 등 기술별 이웃 정보를 병렬로 제공할 수 있어 단말은 자신의 능력에 맞는 엔트리만 선택적으로 활용하면 된다.

UE 관점에서 SIB33 수신 후 각 이웃 엔트리의 적용 시간 범위 내에서 측정 윈도우를 예약하고,

예상 도플러 및 지연 시간을 선보정한 상태로 동기 측정을 수행한다. 결과적으로 SIB33 은 불연속 커버리지 및 이동성이 있는 환경에서 이웃 탐색의 비용을 줄이고 초기 접속의 성공 확률을 높이는 역할을 한다.

## III. 결론

NTN 은 지연 시간이 크고 불연속 커버리지라는 조건 때문에 단말이 초기부터 정확한 시간, 주파수 기준과 측정 계획을 갖춰야 하는데 이를 가능하게 하는 것이 SIB 다. MIB 와 SIB1 은 초기 절차의 토대로서 후속 SIB 수신 경로를 열어준다. SIB31 은 서빙 위성에 대한 동기 유지를 지원해 링크 안정성을 확보하고, SIB32 는 가시성, 커버리지 변화를 예측을 돋는다. SIB33 은 이웃 위성 및 셀에 대한 정보를 제공해 선보정을 돋는다. 결과적으로 SIB31,32,33 으로 이루어지는 흐름은 NTN 에서의 초기접속 지연 감소, 동기 유지, 에너지 효율 등의 결과를 가져올 수 있다.

## ACKNOWLEDGMENT

The work was supported by the MSIT, Korea, in part under the National Research Foundation of Korea grant (RS-2025-23323081), in part under the ITRC support programs (IITP-2025-RS-2021-II121046), and in part under the Convergence security core talent training business support program (IITP-2023-RS-2023-00266615) supervised by the IITP.

## 참 고 문 헌

- [1] 심성훈, 정해준. (2025-02-05). 저궤도 위성 통신에서의 시간선행 조정 기법. 한국통신학회 학술대회논문집, 강원.
- [2] 심성훈, 유병하, 정해준. (2025-06-18). 저궤도 위성 통신에서 GNSS Fix 간격에 의한 시간 오차 분석. 한국통신학회 학술대회논문집, 제주.
- [3] K. Wang et al., "Sampling Frequency Offset Analysis and Compensation for OFDM-Based LEO Satellite Communication System," in *IEEE Transactions on Communications*, vol. 73, no. 9, pp. 8362-8376, Sept. 2025.
- [4] 3GPP TS 36.331, v17.0.0, "LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification".
- [5] Z. Zhou, N. Accettura and P. Berthou, "A Wake-Up Strategy Enabling GNSS-Free NB-IoT Links to Sparse LEO Satellite Constellations," in *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 12, no. 12, pp. 21996-22011, 15 June 15, 2025.
- [6] 3GPP TS 36.331, v18.7.0, "LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification".
- [7] 3GPP TS 36.331, v19.0.0, "LTE; Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Radio Resource Control (RRC); Protocol specification".