スペースICT推進フォーラム
会員・オブザーバー(登録者)
以外への配布不可

5G/Beyond 5G連携技術分科会 令和７年度第１回分科会
October 14, 2025

Part-1: 地上・非地上ネットワーク(TN-NTN)統合制御システム(INCA)の説明
Part-2: NICT B5GモバイルテストベッドでのINCAのデモ実演

Ved P. Kafle

国立研究開発法人 情報通信研究機構

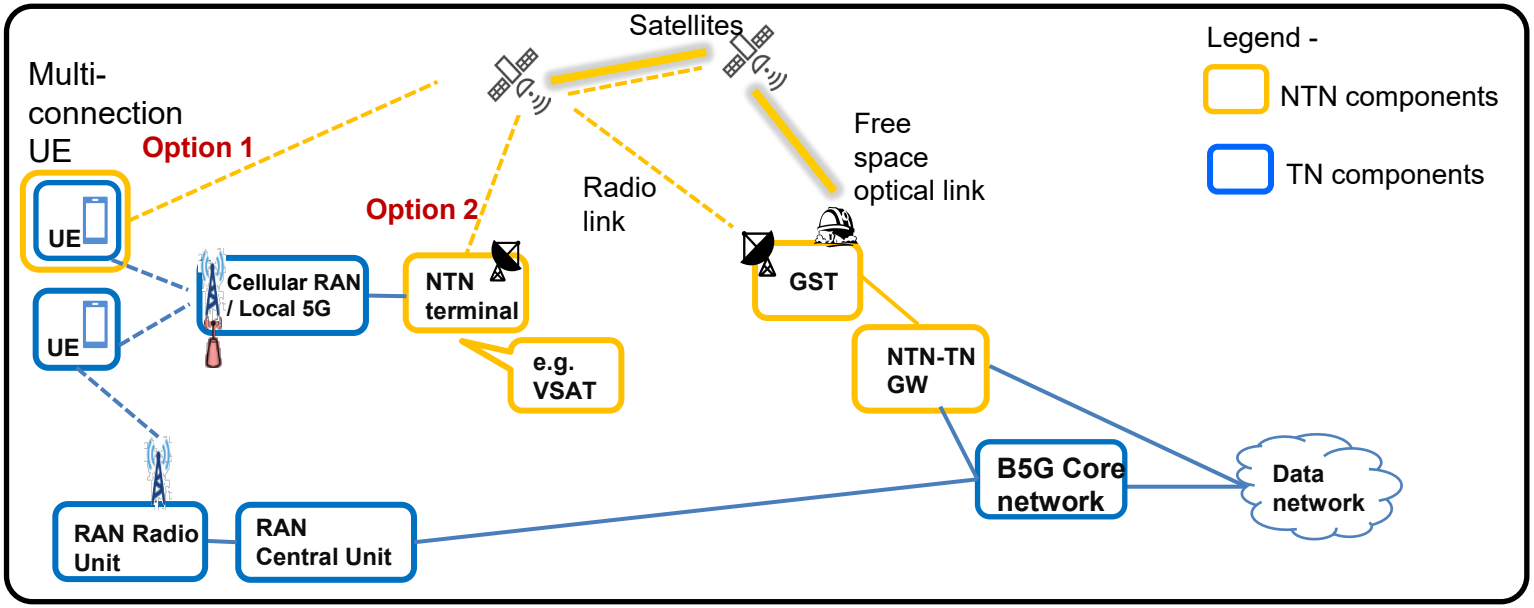
Outline

- TNとNTNの統合の紹介
- INCAの利用シナリオ、モチベーション、および期待される成果
- INCAの機能とインターフェース
- NICT B5Gモバイルテストベッド環境へのINCAの実装の概要とデモ

TN: Terrestrial network
NTN: Non-terrestrial network

TNとNTNの統合の紹介

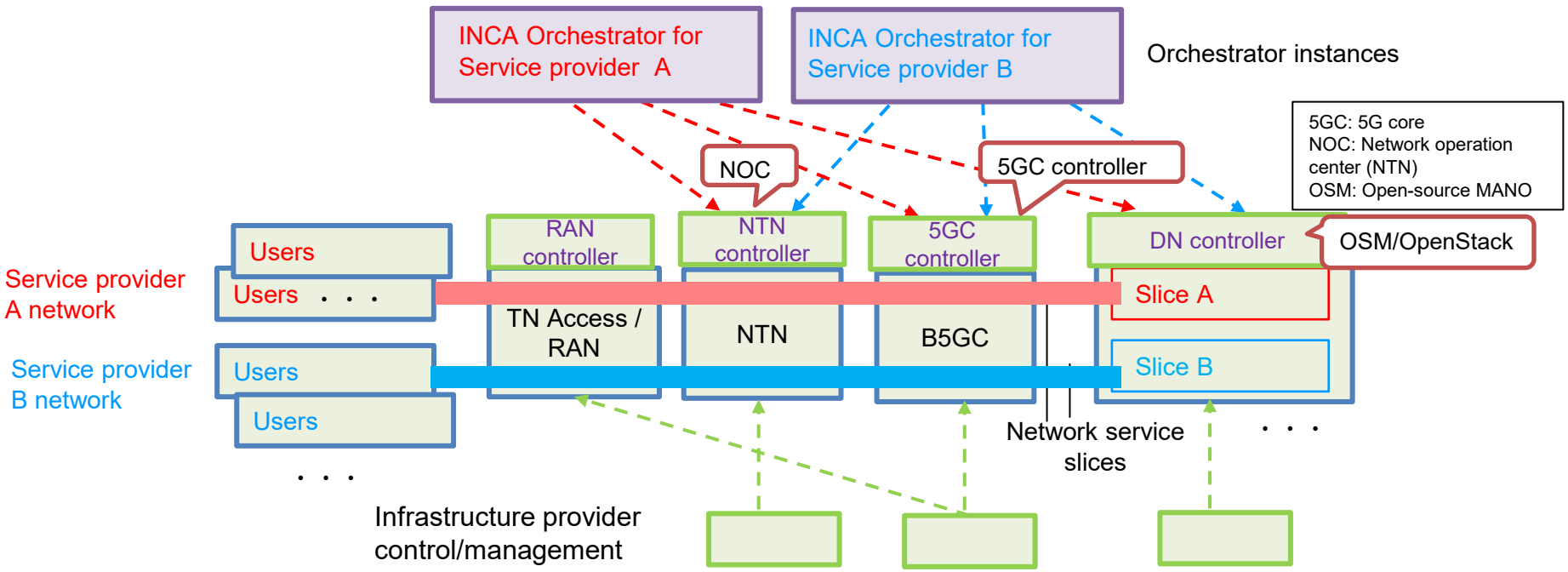
- TNとNTNの相互接続
- TN = 地上モバイル + 固定インターネット
- NTN = 衛星/HAPSネットワーク
- NTNの利用シナリオ（2つ）
  - オプション1: ディレクターからデバイスへの接続 (D2D)
  - オプション2: B5GコアとRAN間のバックホール



GST: Ground station, GW: Gateway, RAN: Radio access network, UE: User equipment

⇒**研究の重点**: Integrated network control architecture (INCA)

INCAの利用シナリオ、モチベーションおよび期待される成果



モチベーション:

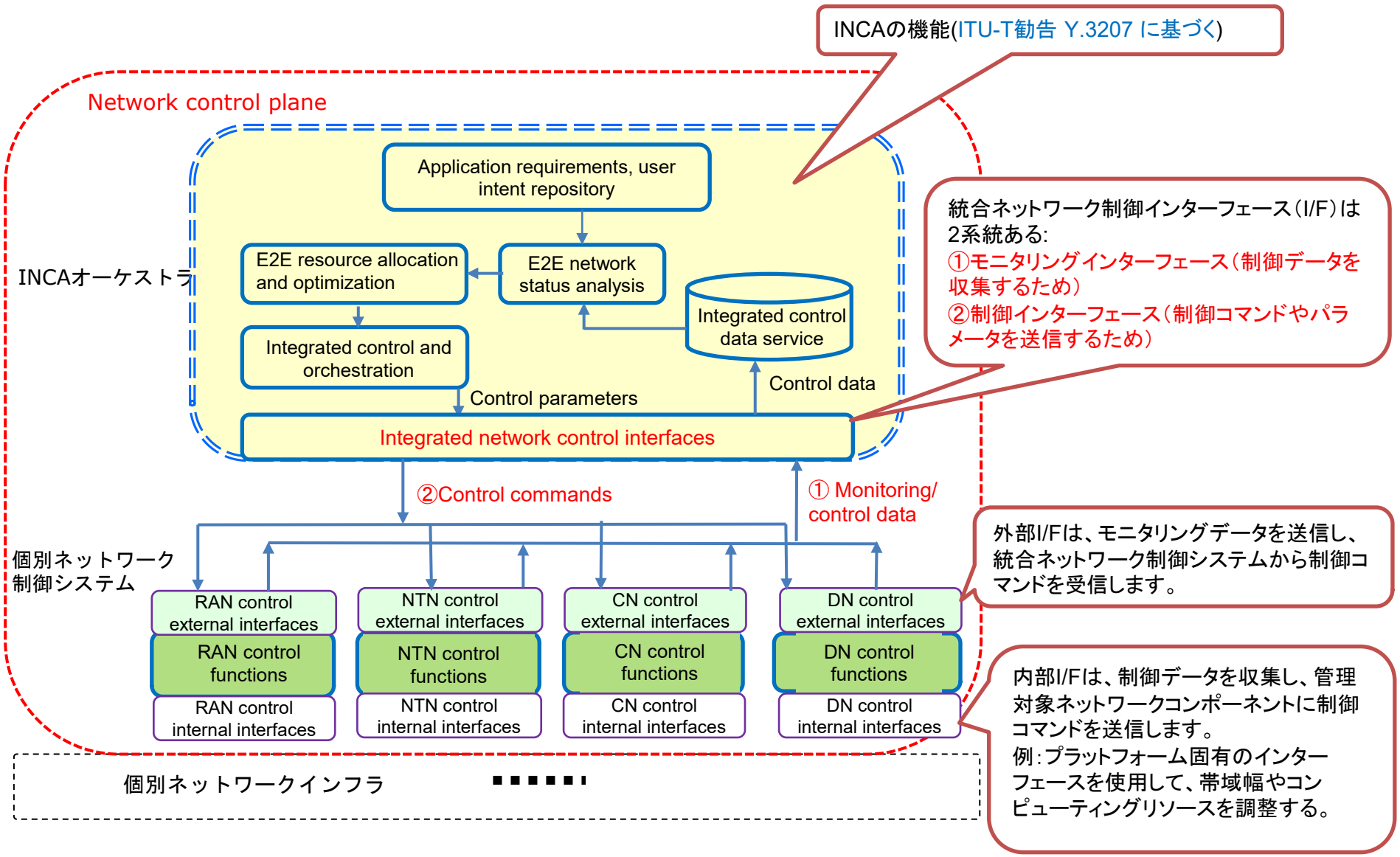
TNおよびNTNネットワークのリソースを統合して効率よくネットワークサービスをアプリケーションサービスプロバイダに提供する技術の開発

- エンドツーエンドのネットワークサービスの構成
- パフォーマンスおよびリソース利用状況の監視
- QoS維持するためにリソースの動的制御

期待される成果:

- 複数のTNおよびNTN事業者のインフラ上で、品質を満たすエンドツーエンド通信サービスの提供可能にするエンドツーエンドのネットワークサービスの監視と制御技術

INCAの機能


INCAの機能(ITU-T勧告 Y.3207 に基づく)
Network control plane
INCAオーケストラ
Application requirements, user intent repository
E2E resource allocation and optimization
E2E network status analysis
Integrated control data service
Integrated control and orchestration
Control parameters
Control data
Integrated network control interfaces
②Control commands
① Monitoring/ control data
個別ネットワーク制御システム
RAN control external interfaces
NTN control external interfaces
CN control external interfaces
DN control external interfaces
RAN control functions
NTN control functions
CN control functions
DN control functions
RAN control internal interfaces
NTN control internal interfaces
CN control internal interfaces
DN control internal interfaces
個別ネットワークインフラ
統合ネットワーク制御インターフェース(I/F)は2系統ある:
①モニタリングインターフェース(制御データを収集するため)
②制御インターフェース(制御コマンドやパラメータを送信するため)
外部I/Fは、モニタリングデータを送信し、統合ネットワーク制御システムから制御コマンドを受信します。
内部I/Fは、制御データを収集し、管理対象ネットワークコンポーネントに制御コマンドを送信します。
例:プラットフォーム固有のインターフェースを使用して、帯域幅やコンピューティングリソースを調整する。

INCAインターフェース（2系統, 3種類）

1. Network service creation interface (系統①)

QoS要件を分析して決定されたパラメータ値を送信し、TNおよびNTNインフラ上にネットワークサービスを生成するために使用される

2. Resource control interface (系統①)

TNおよびNTNのネットワーク資源および計算資源を調整し、高いQoSを提供するために使用される

3. Performance and resource monitoring interface (系統②)

TNおよびNTNの資源割当／利用状況や性能に関する制御データを収集するために使用される

Part-2: NICT B5Gモバイルテストベッド上でのINCAのデモ実演

INCAインターフェースの実装 (2/2)

- インターフェースは RESTful API で実装されている。
- 制御データ、制御パラメータは JSON の標準形式で運ばれる。

インターフェースの例

Network service creation interfaces

http://<IP address>:8888/network-configuration

Network resource control interfaces

http://<IP address>:8888/resource-control

Resource monitoring interfaces

http://INCF_HOST:1990/plot/[dn|ntn|5gc]
Example of ntn monitoring data collection interface:
http:// 192.168.149.17:1990/plot/ntn

```
# Example of network service creation parameters
{"network service name/ID": "test1",
 "network service informations": [
    {
      "service type name": "video-medium",
      "service type/5QI": "1",
      "total traffic rate (UL)": "40",
      "total traffic rate (DL)": "40",
      "NTN segment latency limit": "0.1“},
…
}
```

```
# Example of resource control parameters
{'upfname': 'upf1',
'action_type': 'decrease',
'resource': 'number_of_cpus',
'quantity': -1},
…
}
```

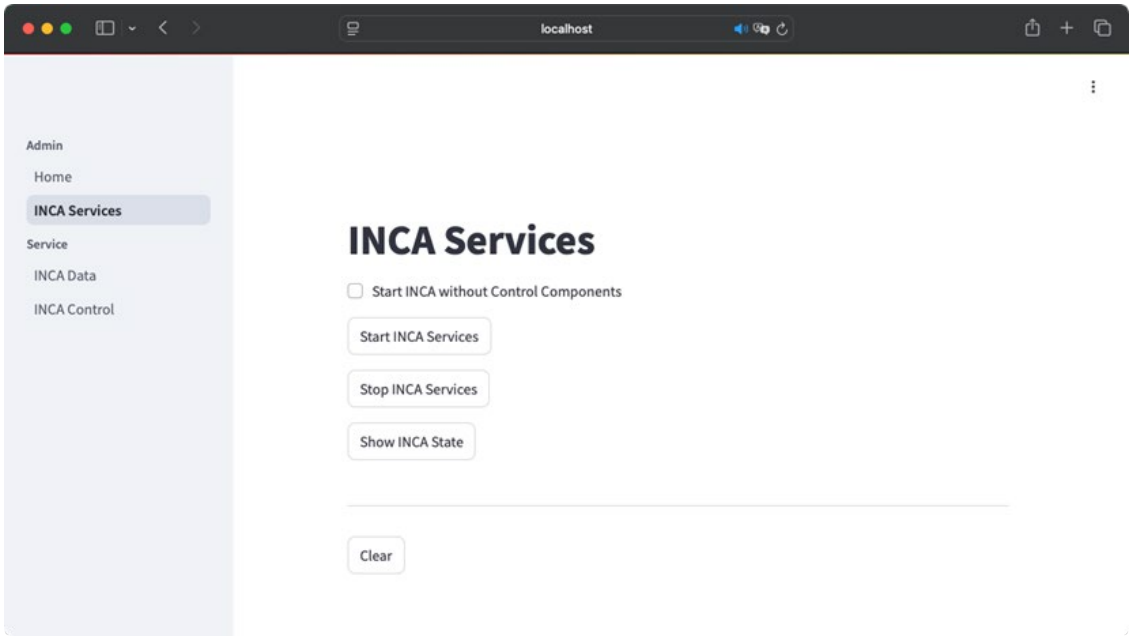
```
# Example of ntn data collection
{"network_service_name_ID":"test1","ntn_routes":[{"a
ctual_throughput":1152.0,"assigned_bandwidth":"40000
.0","direction":0,"latency":63.27950102769918,"node_
id_1":"NRUE-1-1","node_id_2":"DN-1-
1","ntn_hops":6,"required_traffic_rate":40.0,"route_
latency":0.06327950102769918,"route_throughput":40.0
, …
}
```

INCAインターフェースの実装 (2/2)

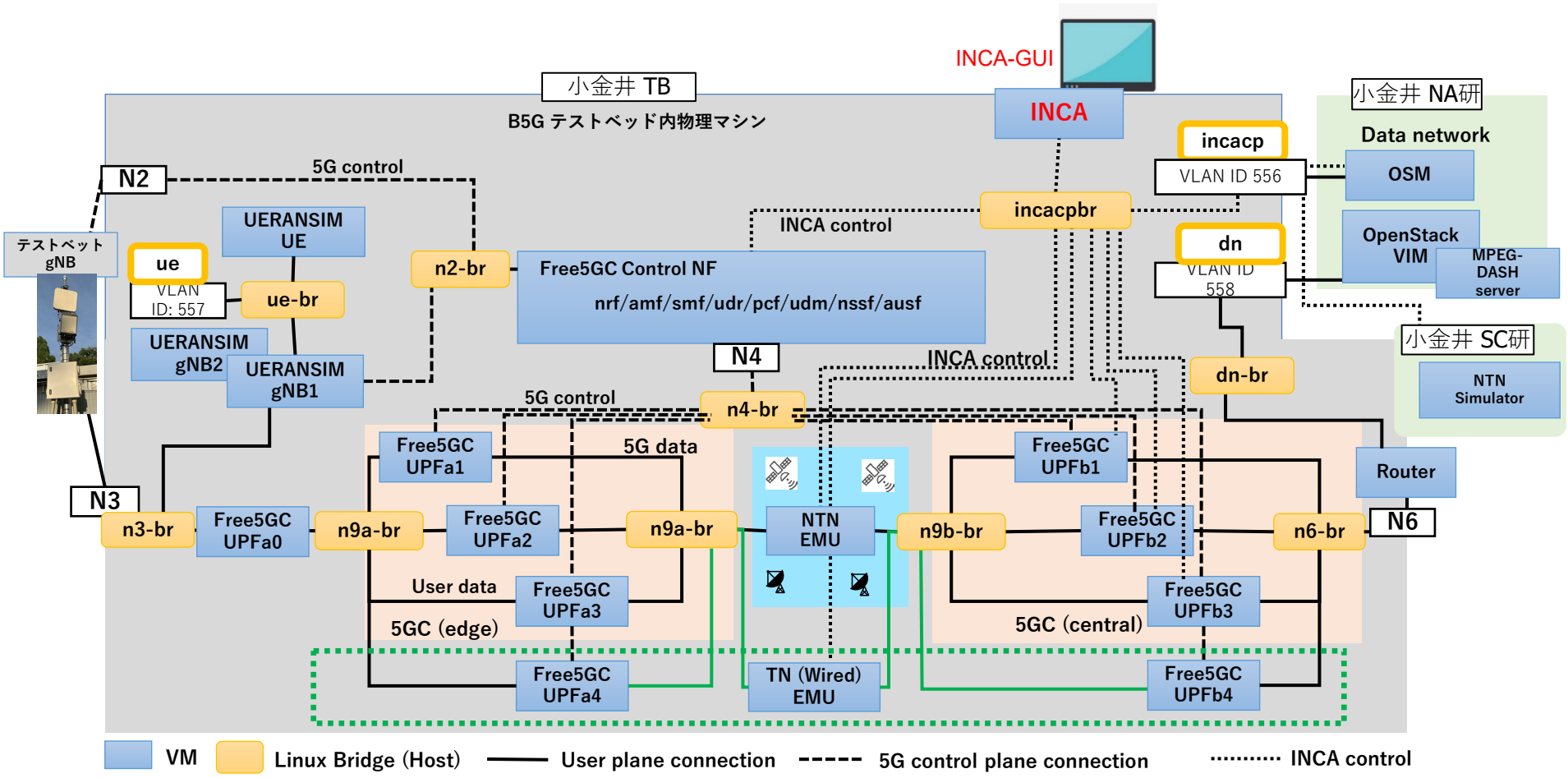
インターフェースの例

INCA service configuration GUI

- Start INCA services
- Stop INCA services
- Show INCA component status

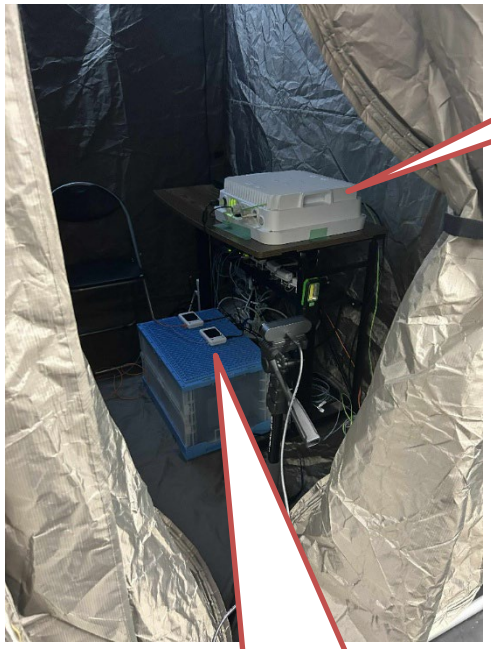


NICT B5Gモバイルテストベッド環境へのINCAの実装
- Detailed topology



TB: テストベッド
NA研: ネットワークアーキテクチャ研究室
SC研: 宇宙通信研究室

B5G Testbed Mobile Environment Koganei – UEs located near indoor gNB (RU) (experiment on 2025.10.14)



Indoor gNB (RU) in RF shield tent

Two mobile routers (MRs) used as UEs are connected to the RU via 5G radio signal

Two demo scenarios - overview

Demo scenario 1:

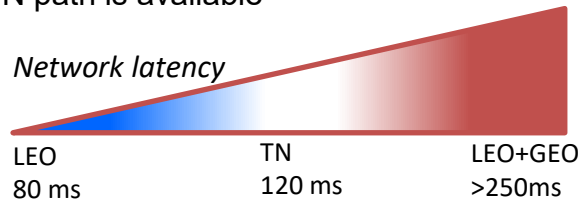
INCA capability of monitoring and controlling multiple paths of TN and NTN

- The path delay and available bandwidth dynamically change as network traffic load fluctuates.
- Bandwidth control executed to maintain application QoS high

Demo scenario 2:

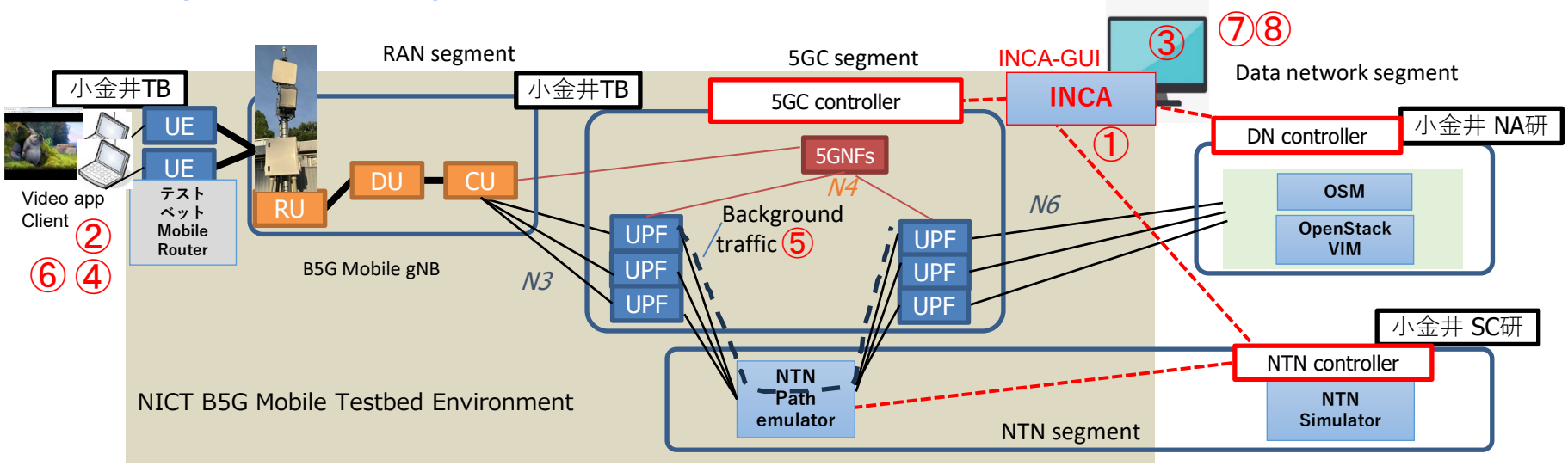
NICA capability of switching from TN to NTN domain (and vice versa) for optimal path delay (latency)

- (Assuming the availability of three domains of LEO, TN, LEO+GEO) with latency shown in below figure)
- **TN -> LEO:** Path switching from TN to NTN occurs when lower delay NTN (LEO) path is available
- **LEO -> GEO:** NTN delay increases when GEO is used in the NTN path (due to LEO link loss)
- **GEO -> TN:** Path switching from NTN to TN occurs when lower delay TN path is available



Demo scenario #1

Monitoring and controlling multiple paths of TN and NTN in B5G testbed mobile environment



Simplified layout of involved network functions

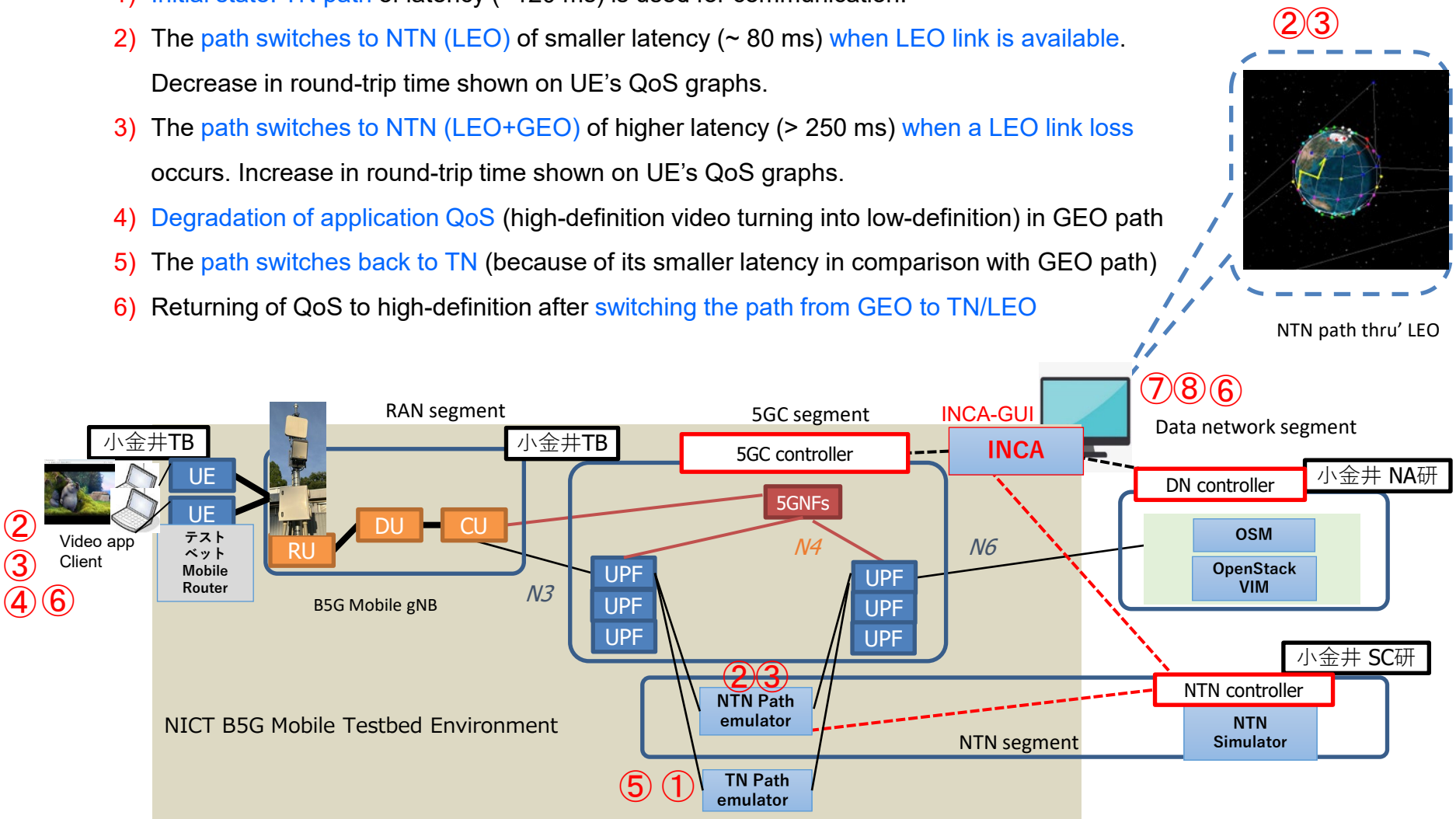
Demo overview:

1) Sending control commands from NICT to creating three paths across testbed RAN and 5GC and NTN (assuming between Tokyo and an island in Pacific)
2) Attaching two UEs (through a mobile router) to each path; running MPEG-DASH video applications on UEs
3) Showing NTN node/path visualization (time-progressing in STK visualization window), INCA monitoring graphs (resource allocation, utilization, latency) of 5GC UPF and NTN paths to validate the existence of paths
4) Showing application video and QoS graphs (data rates, end-to-end latency and jitter) on UE monitor
5) Adding background traffic between two UPFs set of path 1 to create congestion in the NTN path
6) Showing degradation of video quality, reduced application data rate and increased latency on QoS monitor
7) Showing INCA monitoring graphs of increased NTN bandwidth utilization and latency
8) Showing INCA sending bandwidth *increase* command, increased NTN bandwidth, returning of video quality

Demo scenario #2

Switching between TN and NTN depending on path delay (latency)

1) Initial state: TN path of latency (~120 ms) is used for communication.
2) The path switches to NTN (LEO) of smaller latency (~ 80 ms) when LEO link is available. Decrease in round-trip time shown on UE's QoS graphs.
3) The path switches to NTN (LEO+GEO) of higher latency (> 250 ms) when a LEO link loss occurs. Increase in round-trip time shown on UE's QoS graphs.
4) Degradation of application QoS (high-definition video turning into low-definition) in GEO path
5) The path switches back to TN (because of its smaller latency in comparison with GEO path)
6) Returning of QoS to high-definition after switching the path from GEO to TN/LEO

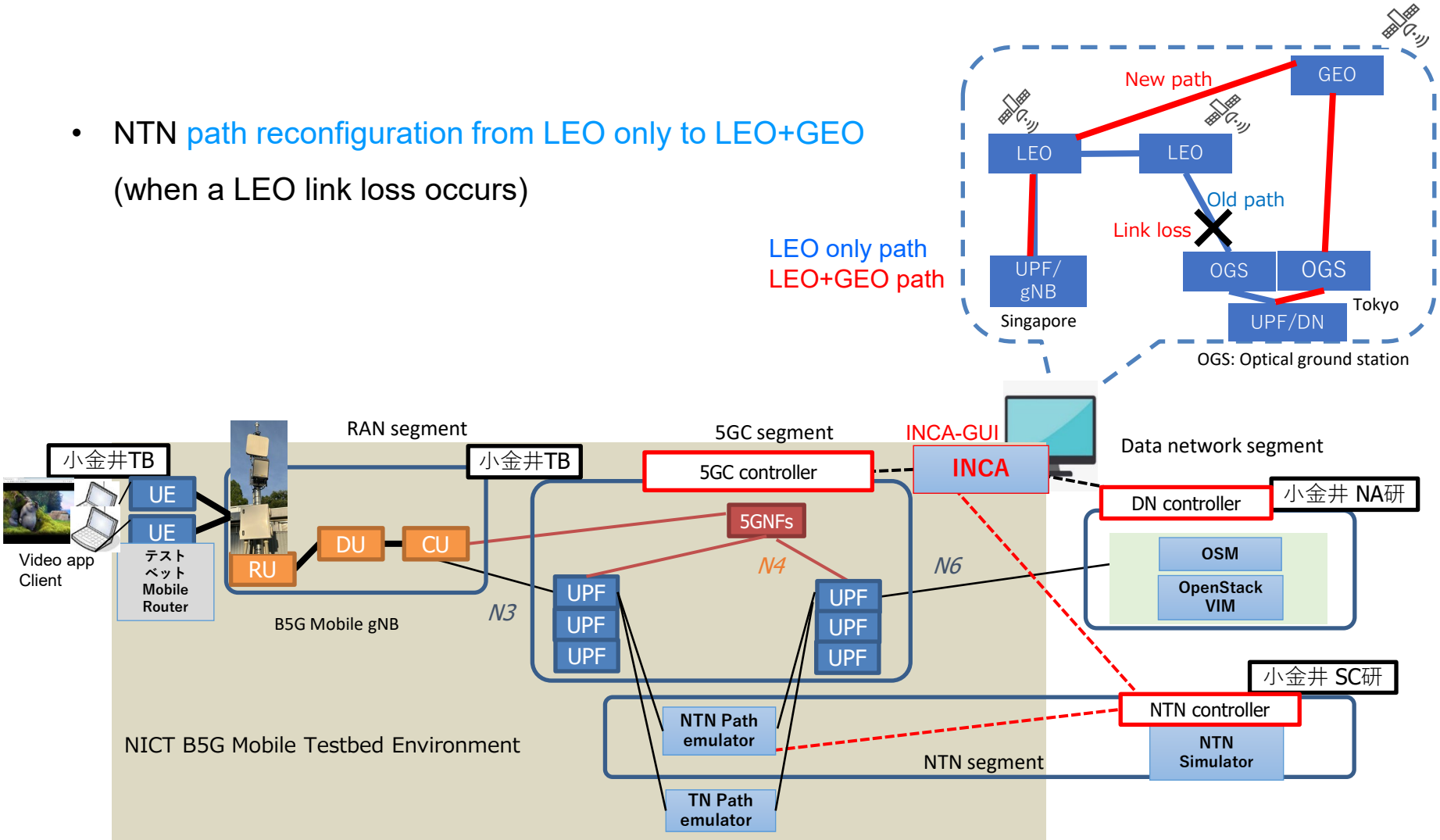


Simplified layout of involved network functions

Demo scenario #2plus

NTN path reconfiguration when an NTN link loss occurs

- NTN path reconfiguration from LEO only to LEO+GEO
  (when a LEO link loss occurs)



Simplified layout of involved network functions

Summary and future work

- Design of TN-NTN integrated network control architecture (orchestrator)
  - Enabling network service creation, monitoring, and control for offering quality of services in TN-NTN convergence
- Work-in-progress experimental system development on NICT's Beyond 5G mobile testbed network environment
- Future work
  - Open to share INCA experimental system and interfaces with SPIF members, extending collaboration
  - Standardization of detail functions and interfaces

Reference list

1. *V.P. Kafle, M. Sekiguchi, H. Asaeda, and H. Harai, "Integrated network control architecture for terrestrial and non-terrestrial networks convergence in beyond 5G systems," ITU Kaleidoscope Academic Conference, Accra, Ghana, Dec. 2022.*
2. *V.P. Kafle, M. Sekiguchi, H. Asaeda, and H. Harai, "Integrated Network Control Architecture for Terrestrial and Non-Terrestrial Network Convergence," IEEE Communications Standards Magazine, Vol. 8, No. 1, pp. 12-19, Mar. 2023.*
3. *ITU-T Recommendation Y.3207 "Fixed, mobile and satellite convergence - Integrated network control architecture framework for IMT-2020 networks and beyond," April 2024.*