

B5Gモバイルテストベッド共創ワークショップ
January 16, 2026
NICT, Koganei

研究事例紹介：

TN-NTN統合ネットワーク制御アーキテクチャ (INCA)

TN: Terrestrial network
NTN: Non-terrestrial network

Ved P. Kafle

国立研究開発法人 情報通信研究機構

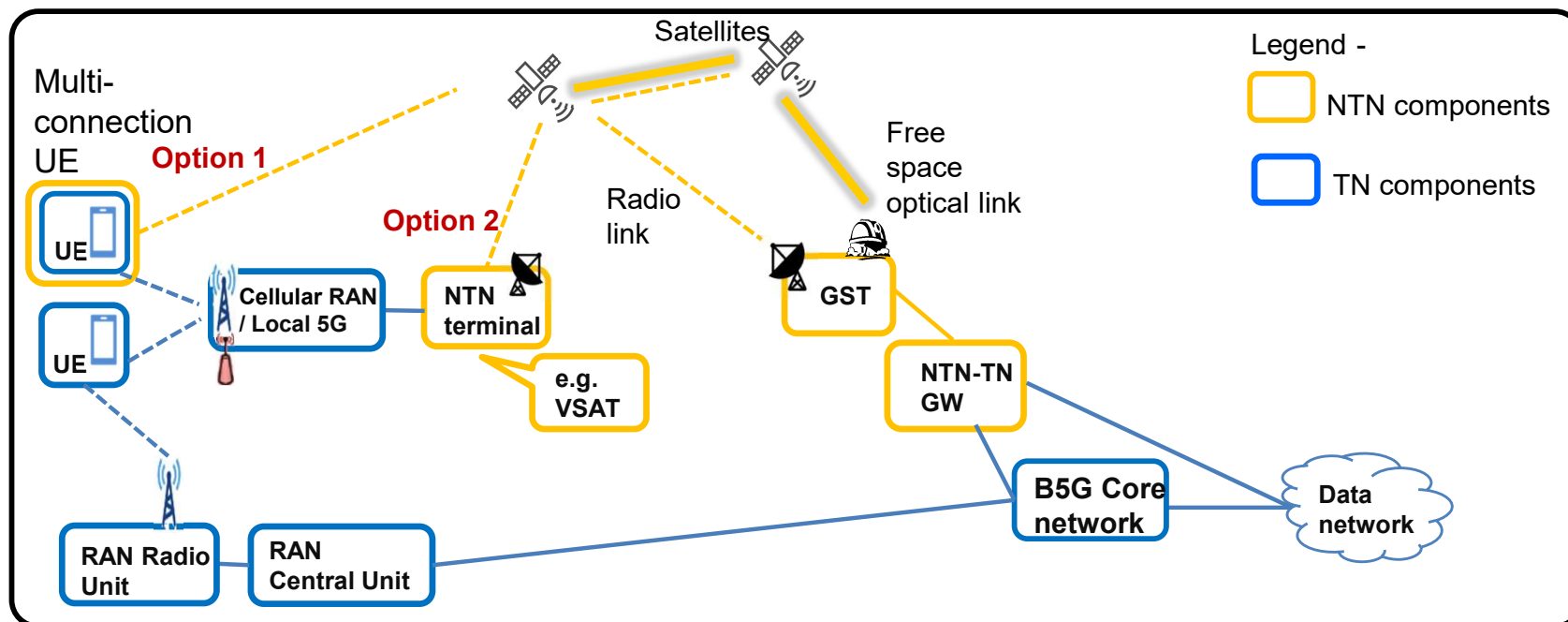


Outline

- TN-NTN統合の背景と課題
- INCAの利用シナリオ、研究モチベーション、および期待される効果
- INCAの主要機能およびインターフェース
- B5GモバイルテストベッドにおけるINCAの実装とデモ概要

TNとNTN統合の想定シナリオ

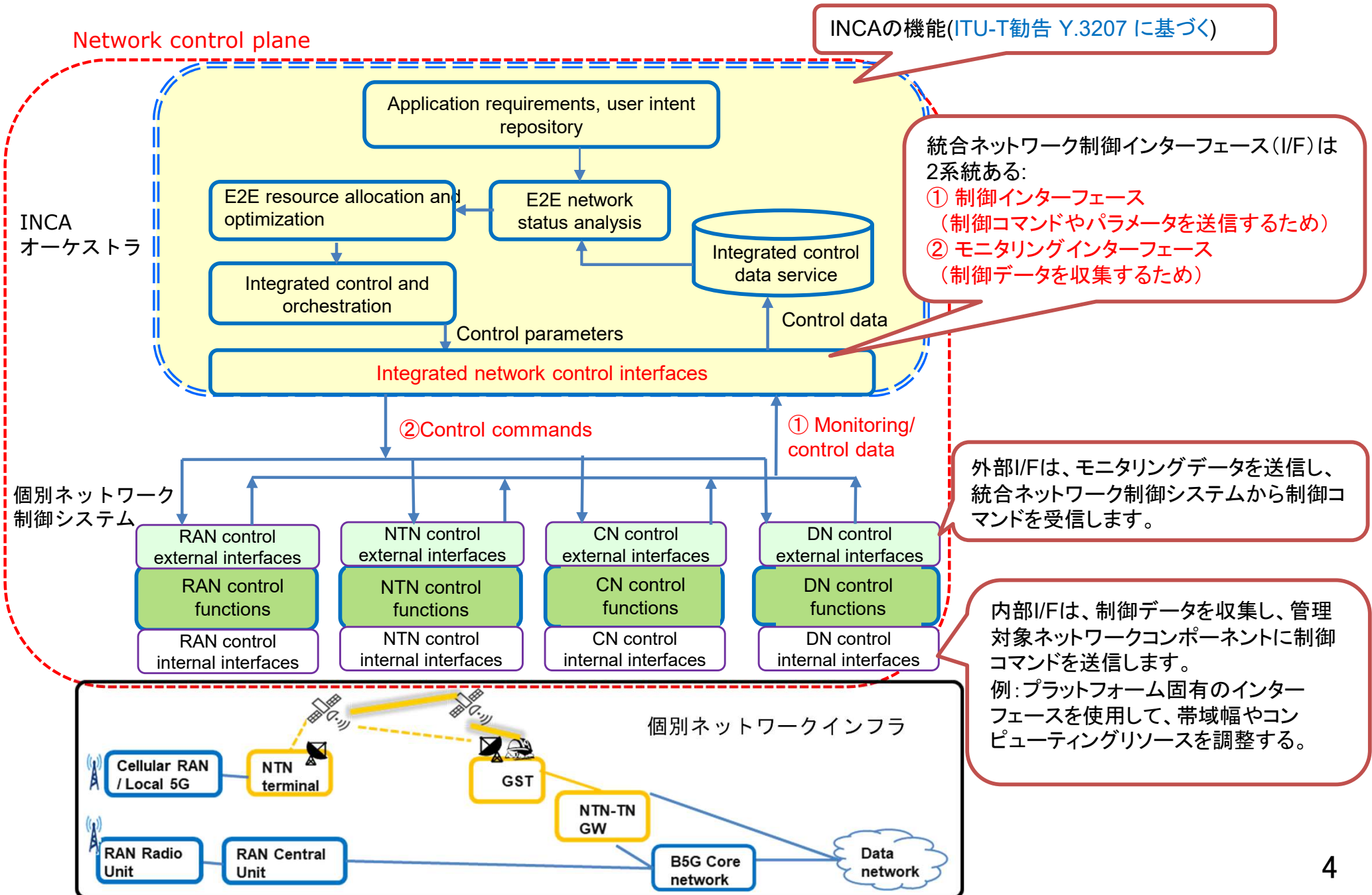
- TNとNTNの相互接続による統合ネットワーク
- TN = 地上モバイルネットワークおよび固定インターネット
- NTN = 衛星/HAPSネットワーク
- 接続形態（2つ）
 - オプション1: デバイス直接接続 (Direct-to-device)
 - オプション2: B5Gコア-RAN間のバックホール



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

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

INCAは、TNおよびNTNに分散配置された制御機能を統合的に管理するアーキテクチャである



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

INCAインターフェースの実装

- 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 (系統①)

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

```
# 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"},
  ...
  ]
}
```

Network resource control interfaces (系統①)

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

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

Resource monitoring interfaces (系統②)

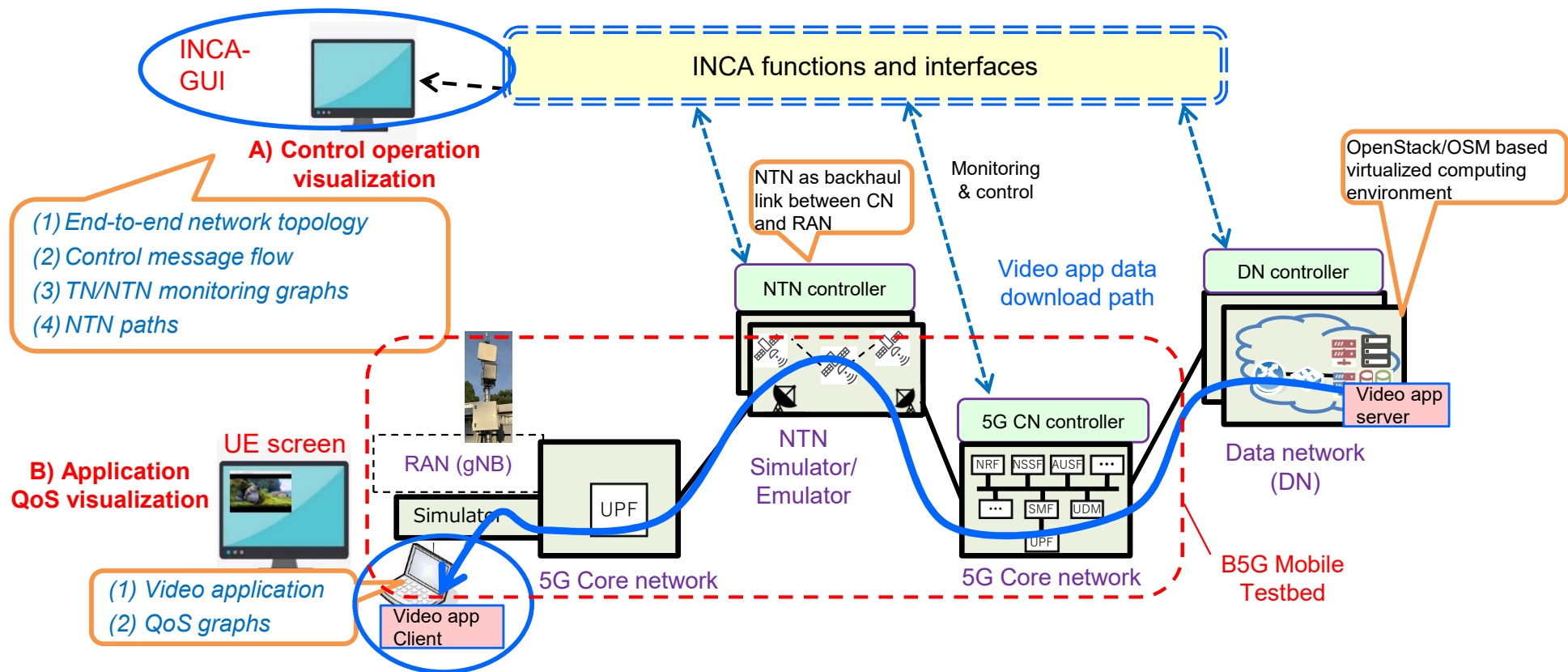
[http://INCF_HOST:1990/plot/\[dn|ntn|5gc\]](http://INCF_HOST:1990/plot/[dn|ntn|5gc])

Example of ntn monitoring data collection interface:

<http:// 192.168.149.17:1990/plot/ntn>

```
# Example of ntn data collection
{"network_service_name_ID": "test1", "ntn_routes": [{"actual_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}, ...
]}
```

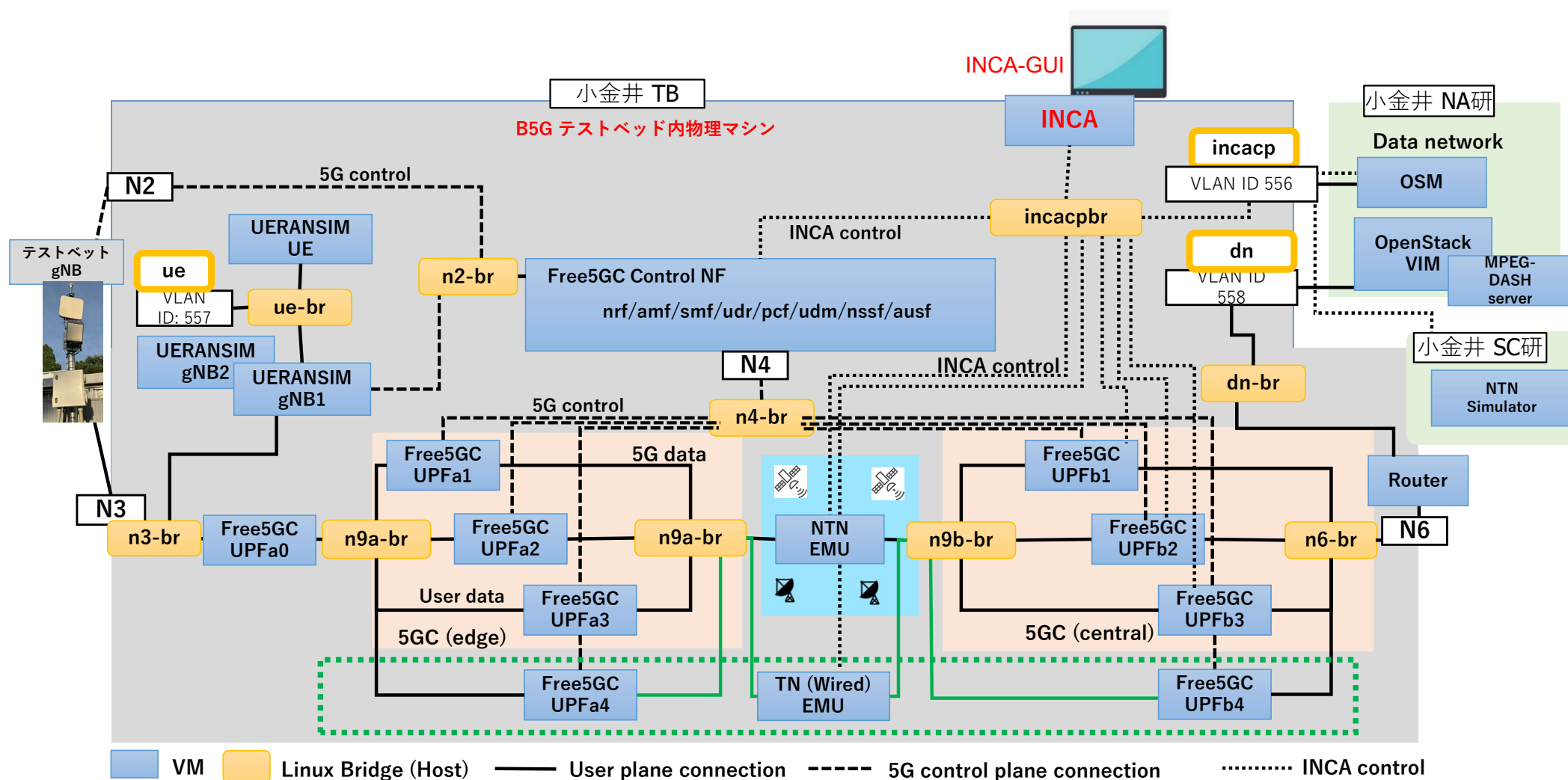
B5Gモバイルテストベッド環境へのINCAの実装概要



Experimental overview

- **Objectives:** Demonstration of INCA's features of (a) network service creation with appropriate amount of TN/NTN resources based on QoS requirements, (b) dynamic control of TN/NTN resources to maintain QoS.
- **Two sets of visualization** are used:
 - A) **Control operation:** Resource control signaling flow and network monitoring graphs shown on INCA-GUI screen.
 - B) **Application QoS:** Video application quality change and related QoS parameters (throughput, latency, jitter) shown on UE (PC) screen.

NICT B5Gモバイルテストベッド環境へのINCAの実装 - 詳細なトポロジマップ



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

A) Control operation visualization:

(1) End-to-end network topology

(2) Control message flows

INCA-GUI



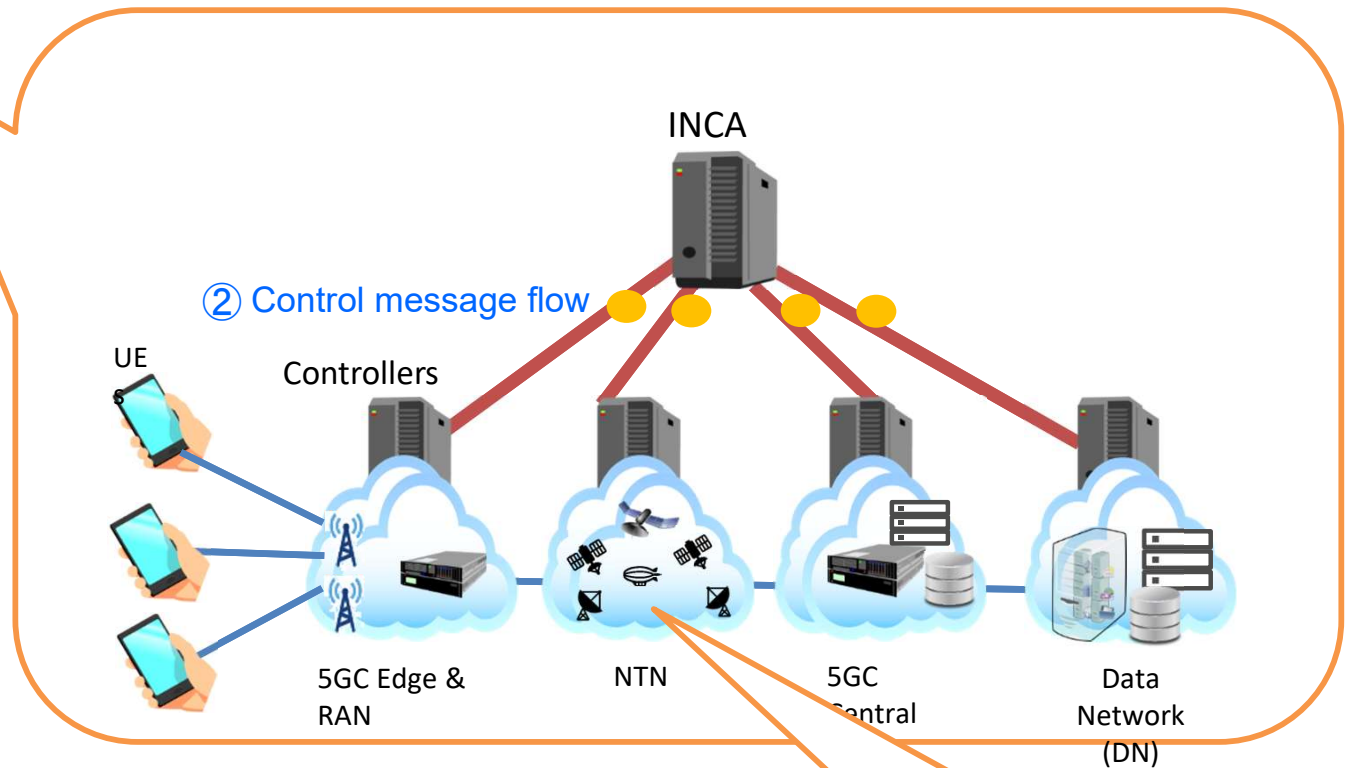
① End-to-end network topology

displayed on web browser of INCA-GUI.

- A linear topology containing UE and 5GC (Edge) & RAN, NTN, 5GC (Central) and DN segments

② Control message flows

- Showing control message flows from INCA to controllers of individual network segments



① End-to-end network topology

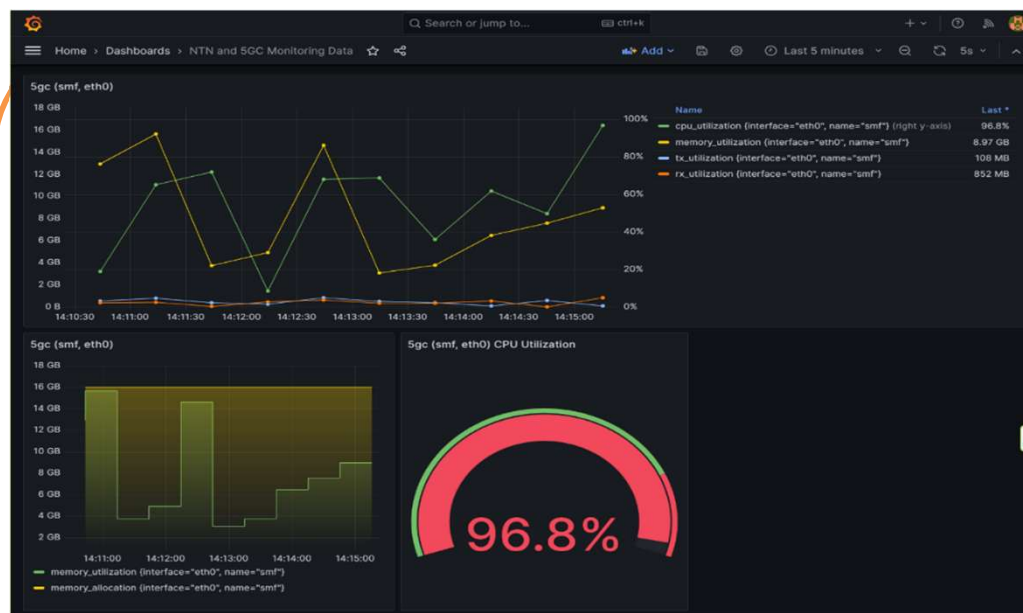
NTN paths are shown in more detail in a separate window (shown in next slide)

A) Control operation visualization:

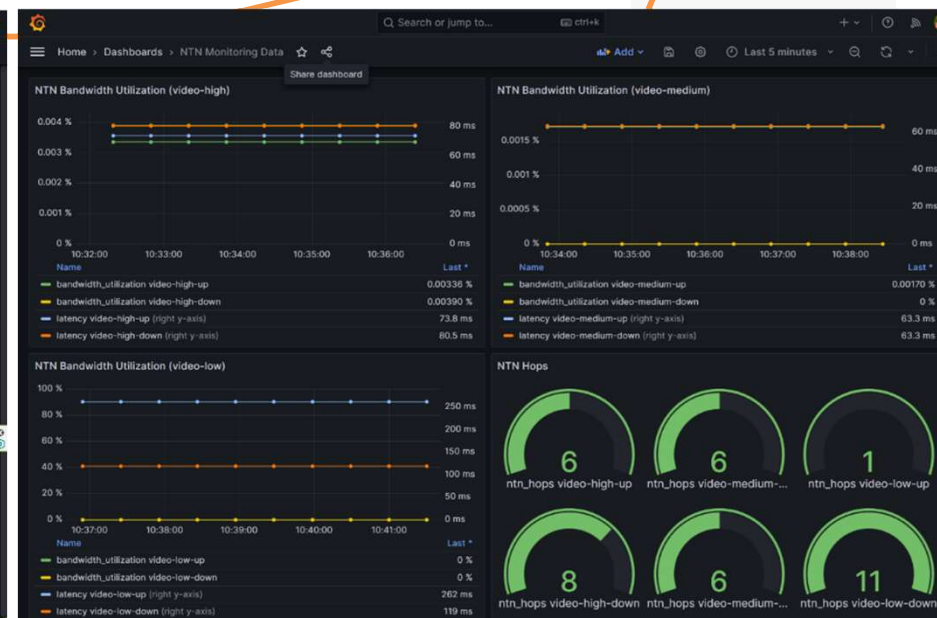
(3) TN/NTN resource monitoring graphs

Using Grafana to visualize time-series monitoring data of TN and NTN network segments.

1. TN monitoring data (i.e., DN and 5GC network functions monitoring data) include:
 - (a) CPU utilization, (b) memory utilization, (c) bandwidth (tx, rx) utilization
2. NTN monitoring data include :
 - (a) NTN path bandwidth (throughput), (b) NTN path latency, (c) number of NTN hops



TN monitoring graphs
(Bandwidth, memory, CPU utilizations)



NTN monitoring graphs
(NTN path bandwidth, latency, number hops)

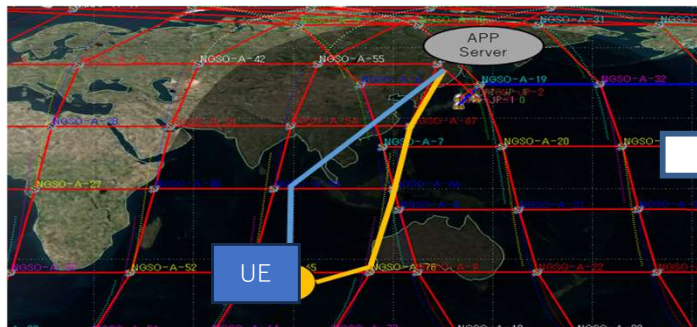
A) Control operation visualization:

(4) NTN paths

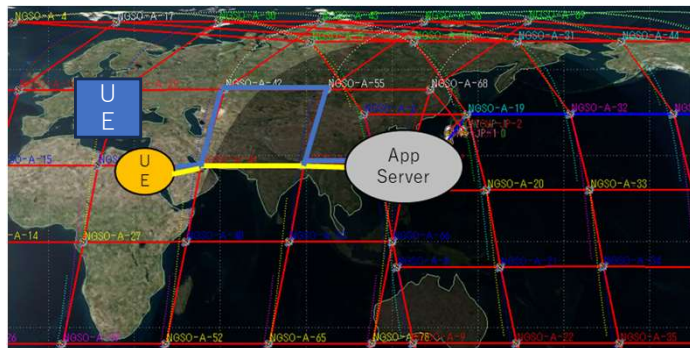
INCA-GUI



NTN path example screenshots



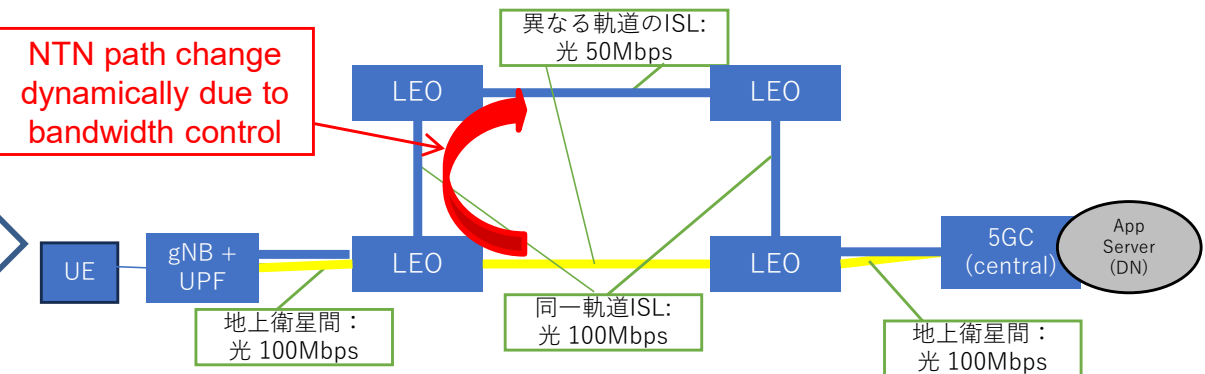
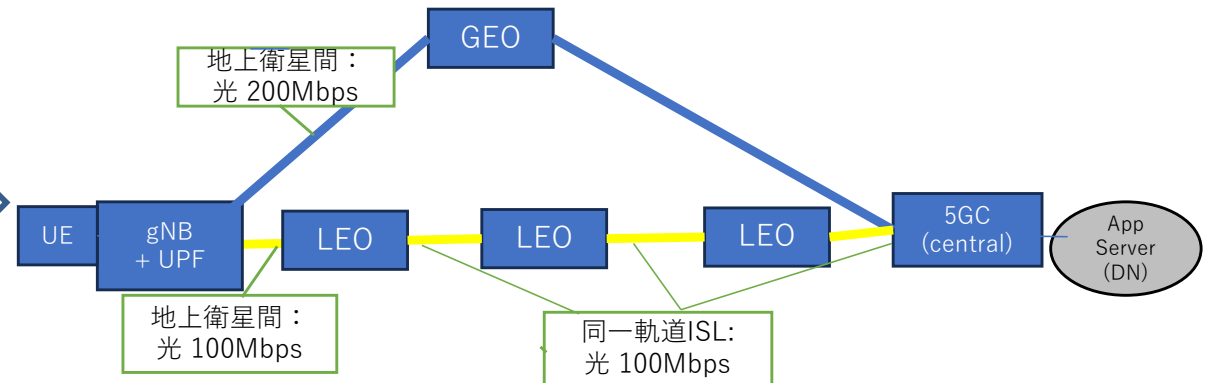
Two paths: blue through GEO and yellow through LEO



Two paths: both through different LEOs

NTN topology changes frequently when:

- a) INCA sends resource control message (to increase NTN bandwidth, with given latency)
- b) NTN nodes (satellites) move

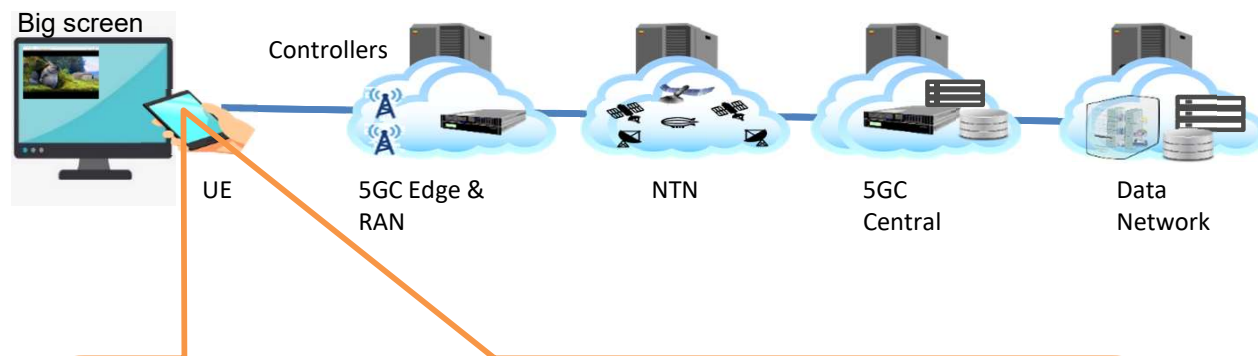


B) Application QoS visualization:

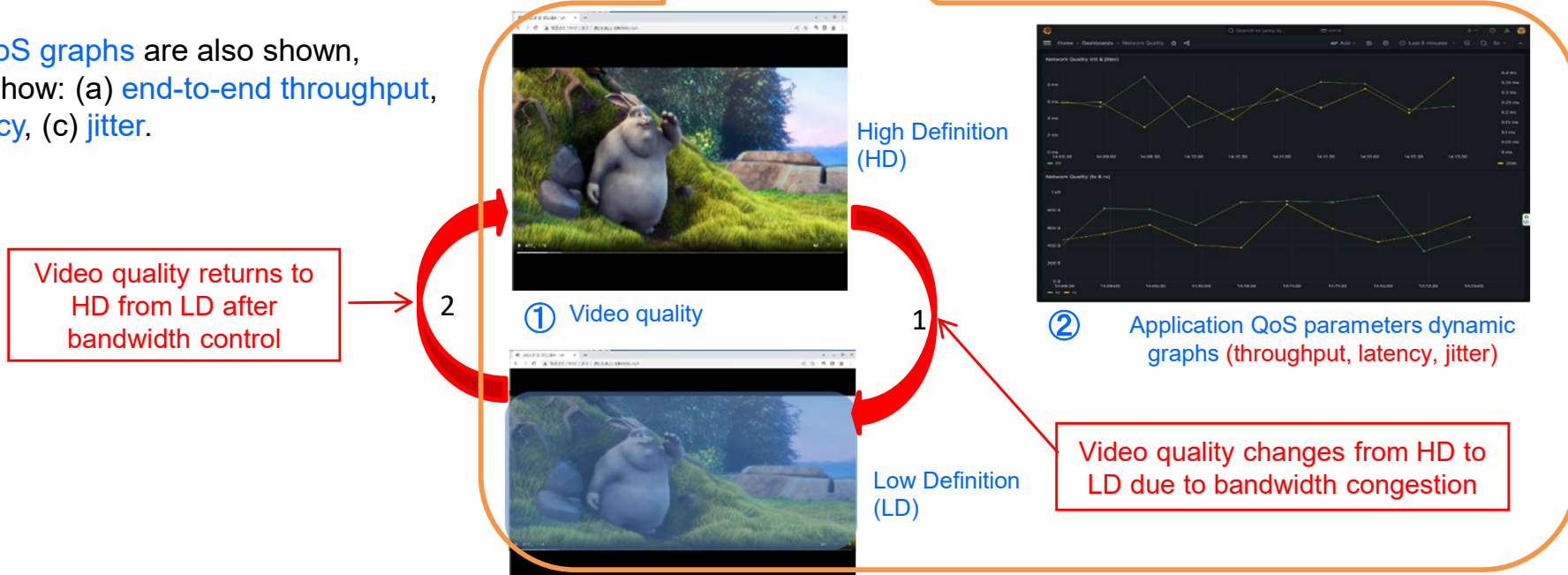
(1) Video application and (2) QoS graphs

MPEG-DASH video played in UE -> shown in a big screen

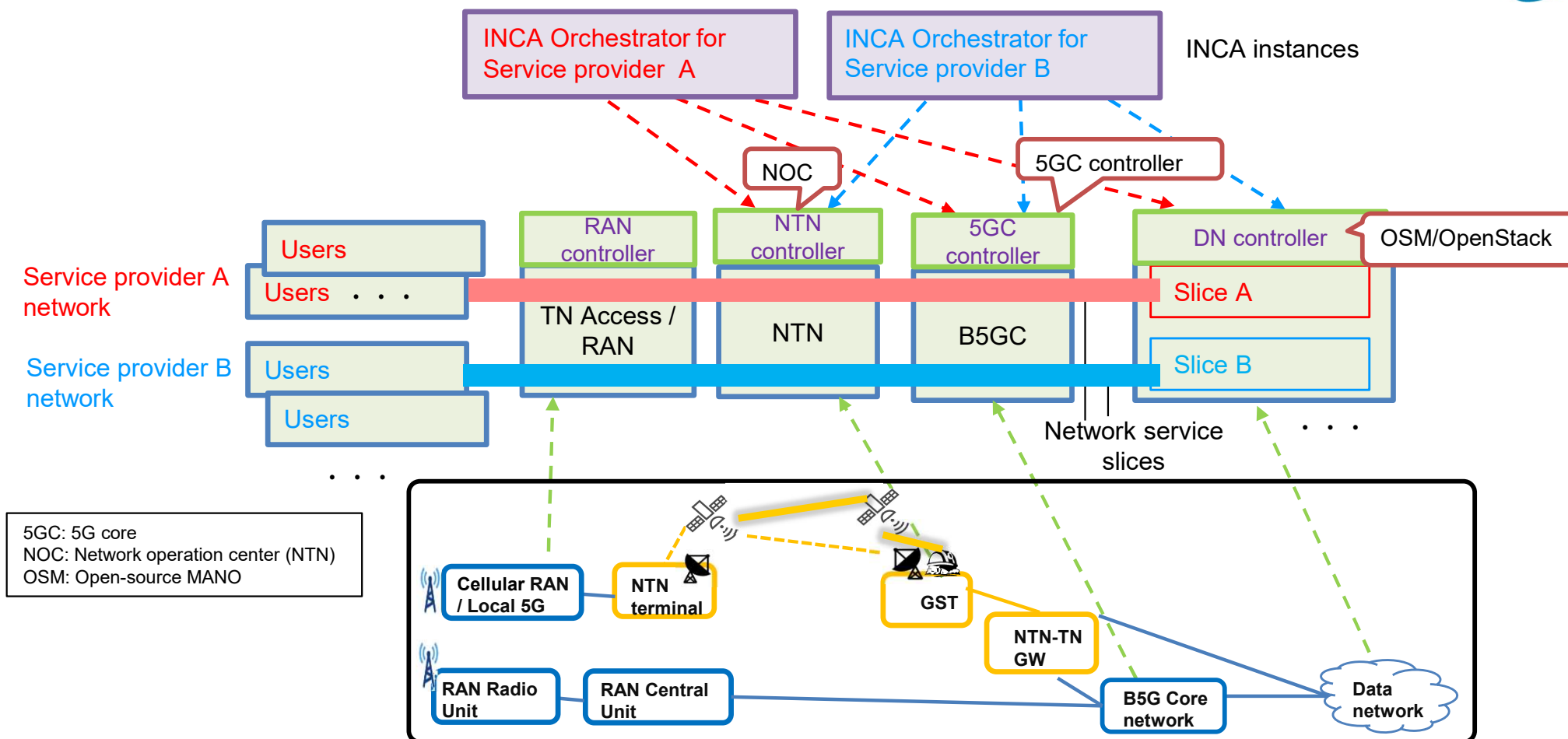
- ① Video quality changes (from high to low, shown by red arrow 1) as congestion occurs in network (TN and NTN). Video quality returns from LD to HD after bandwidth control (shown by red arrow 2)
NOTE: Congestion is created in TN/NTN by adding background traffic to 5G UPF (user-plane function) and NTN path.



- ② Video QoS graphs are also shown, graphs show: (a) end-to-end throughput, (b) latency, (c) jitter.



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

Summary and future work

- TN-NTN統合ネットワーク制御アーキテクチャ（INCA）の設計と実装
- B5Gモバイルテストベッドでの実証・評価
- 詳細機能およびインターフェースの標準化検討（3GPP / ITU-T 等）

Related publications

1. *ITU-T Recommendation Y.3207 “Fixed, mobile and satellite convergence - Integrated network control architecture framework for IMT-2020 networks and beyond,” April 2024.*
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. 2024.*
3. *V.P. Kafle, M. Sekiguchi, H. Asaeda, and H. Harai, “Validation of Integrated Network Control Architecture for Fixed, Mobile and Satellite Convergence,” ITU Kaleidoscope Academic Conference – Innovation and digital transformation for a sustainable world, New Delhi, India, Oct. 2024.*