

# 5G機能を用いた ICN Producer Mobilityの遅延削減手法の提案

今野 慎太郎<sup>1</sup> 山田 悠士<sup>1</sup> 磯部 翔<sup>1</sup> 鄭 海龍<sup>1</sup>

Cheanfei Shee<sup>1</sup> 亀野 流<sup>1</sup> 大和田 慎<sup>1</sup> 関 修康<sup>1</sup>

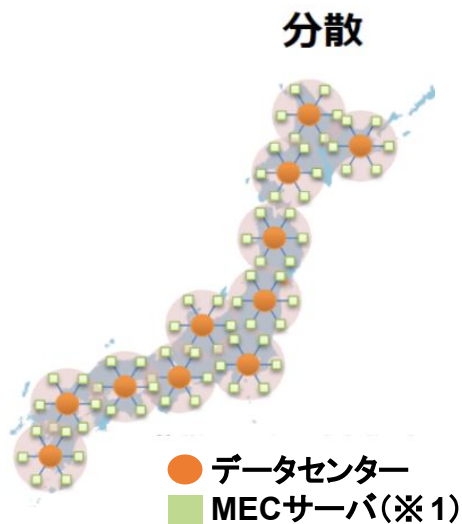
<sup>1</sup> ソフトバンク株式会社 データ基盤戦略本部 デジタルインフラ研究開発統括部

この成果は、NEDO (国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の委託事業「ポスト5G 情報通信システム基盤強化研究開発事業JPNP20017)の結果得られたものです。



# 背景・課題・目的

## 分散環境におけるデータ活用技術を研究中



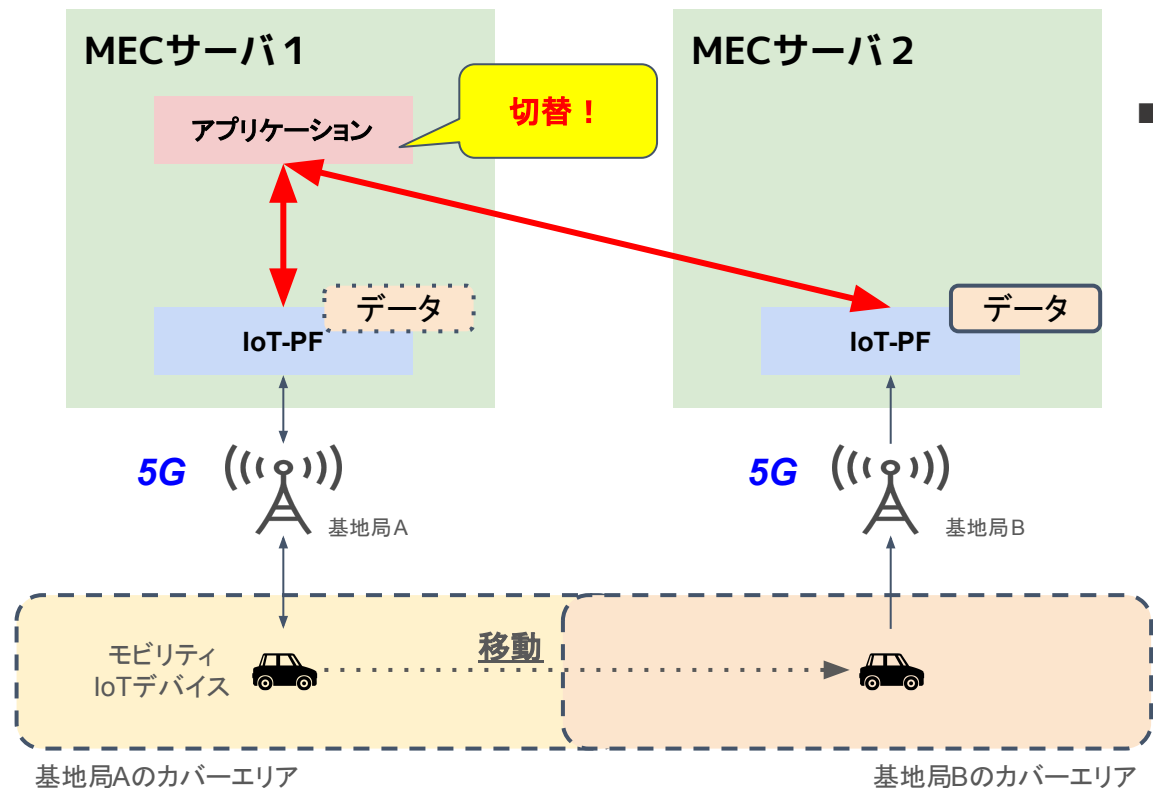
- 次世代デジタルインフラ<sup>[1]</sup>の研究開発に着手
  - 分散した計算資源や NW資源をベースとした環境(左図)
- 分散環境におけるデータ活用技術を研究中
  - データの提供者 / 利用者が安全で円滑にデータ活用できることを目指す

※1) MEC(Multi-access Edge Computing)

[1] [超デジタル社会の実現に向けて、次世代デジタルインフラに関する研究開発を開始](#)

# 背景:分散環境におけるデータ活用の問題

## デバイスの移動に合わせたデータ取得先の切替が必要



### ■ 分散環境におけるデータ活用の問題

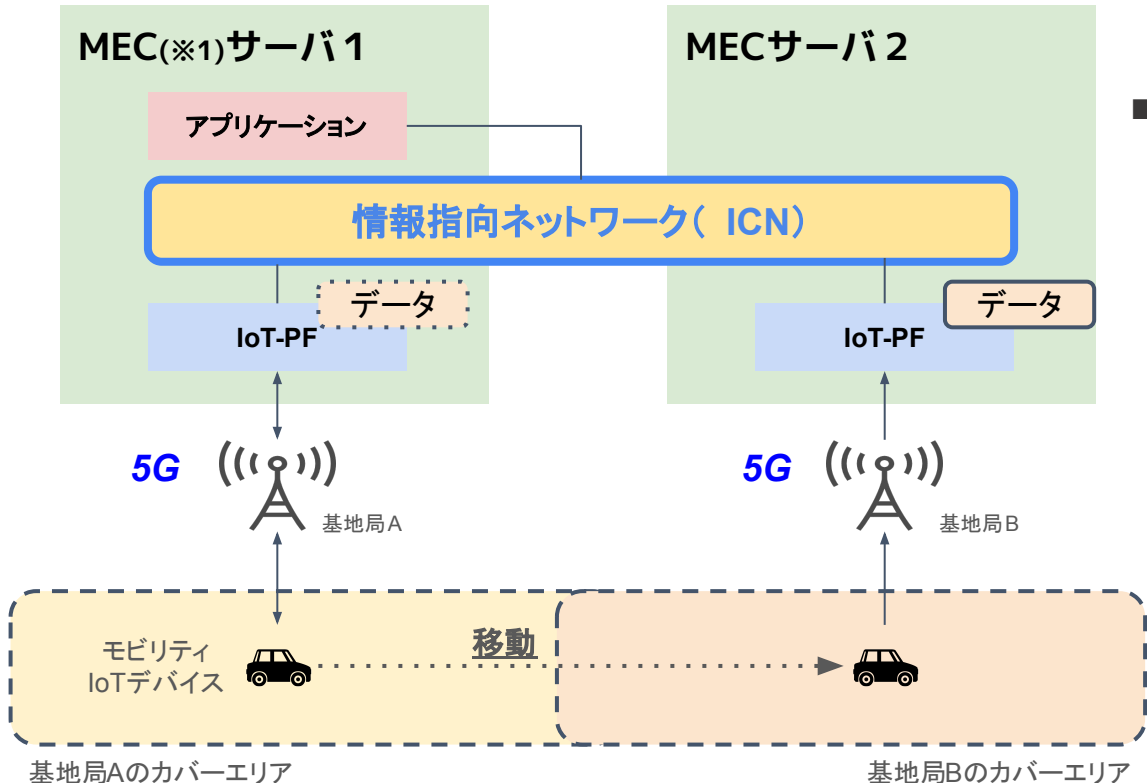
IoTデバイスのデータの集約先が  
デバイスの移動によって変化する



アプリケーションはデータの取得先を  
都度変更する必要がある

# 背景:分散環境での ICNの活用

## ICNでデータの位置透過性を提供



### ■ 分散環境におけるデータ活用の問題

IoTデバイスのデータの集約先が  
デバイスの移動によって変化する



アプリケーションはデータの取得先を  
都度変更する必要がある



情報指向ネットワーク (ICN)で  
データの位置透過性を提供

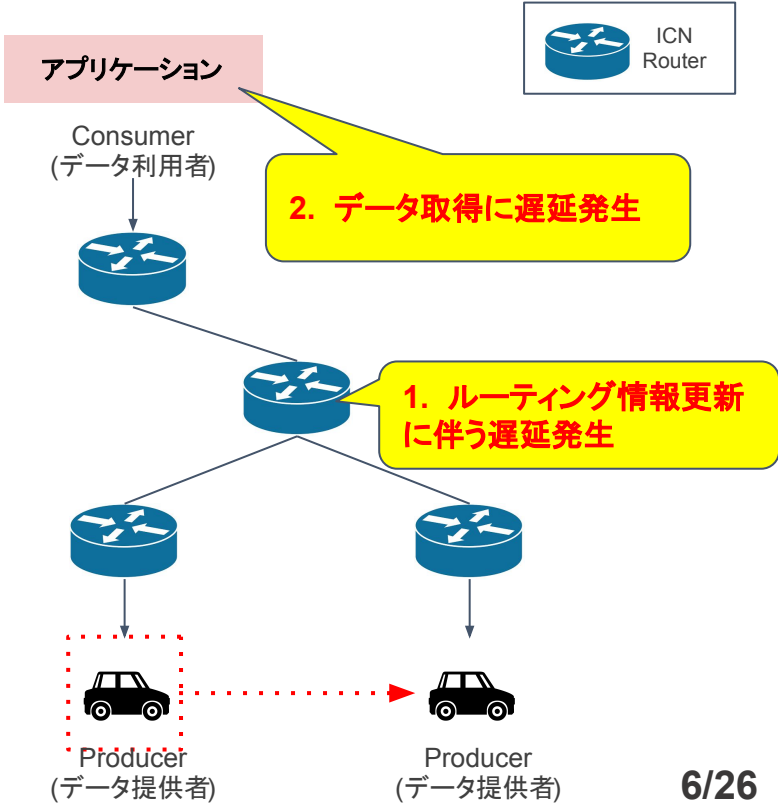
# 課題: ICNにおける Producer Mobility

## Producerの移動によって遅延が発生する

|     |                                                |                                          |                                                                                                                                                 |                              |
|-----|------------------------------------------------|------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------|
| S6  | Change in name prefix                          | Producer Mobility                        | Automatic change in name prefix nature of ICN disrupted the support of mobile producer.                                                         | [12], [42], [43], [46]–[49]  |
| S7  | Producer Mobility                              | High Handoff time                        | The movement of mobile producer causes the increment of handoff latency.                                                                        | [12], [42], [43], [46], [47] |
| S8  | Handoff time                                   | Interest packets loss                    | Handoff latency elongation influences the Interest packets loss                                                                                 | [30]–[32]                    |
| S9  | Interest packets loss                          | High signaling and delay                 | High signaling cost as a result of unnecessary Interest packets losses.                                                                         | [30]–[32]                    |
| S10 | Interest packets loss and high handoff latency | High signaling and bandwidth utilization | Interest packets loss influences high signaling cost and bandwidth utilization.                                                                 | [30]–[32], [50]              |
| S11 | Knowledge of mobile producer whereabouts       | ICN Producer mobility support            | Seamless mobility as a result of minimizing of high signaling cost and latency, knowledge of producer through proper means of prefixes updates. | [30]–[32], [50], [51]        |
| S12 | Producer mobility support for ICN              | Seamless mobility                        | Producer mobility support for ICN positively influences the seamless mobility of content producer.                                              | [30]–[32], [50], [51]        |

Hussaini(2019) [2]

[2] Hussaini, Muktar, et al. "Efficient producer mobility management model in information-centric networking." IEEE Access 7 (2019)



## ■ 研究の課題

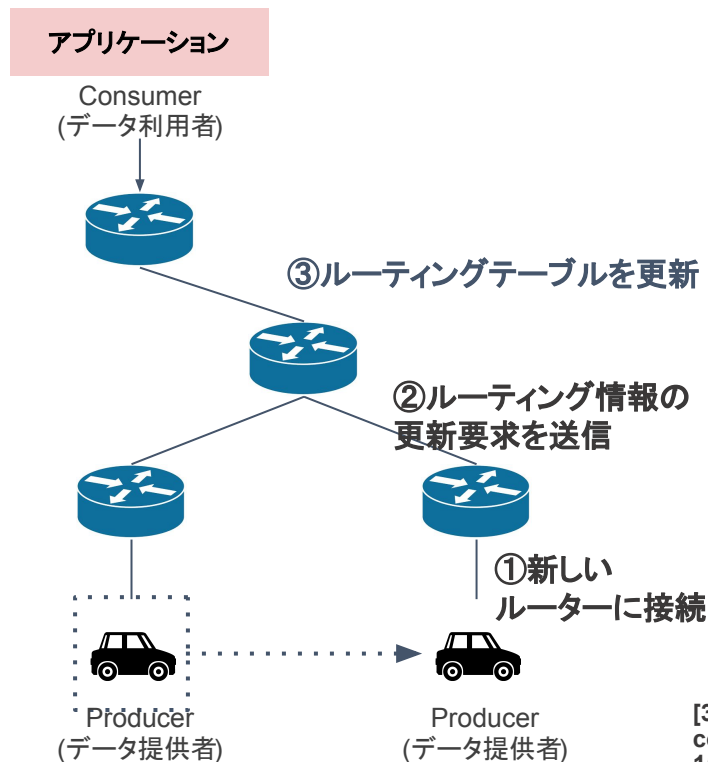
ICNにおいて Producerが移動するとルーティング情報更新に伴い遅延が発生する

## ■ 研究の目的

ICN Producer Mobilityにおける遅延時間を削減する

# 先行研究・提案手法

## Map-me(2018) [3]



### ■ 特徴

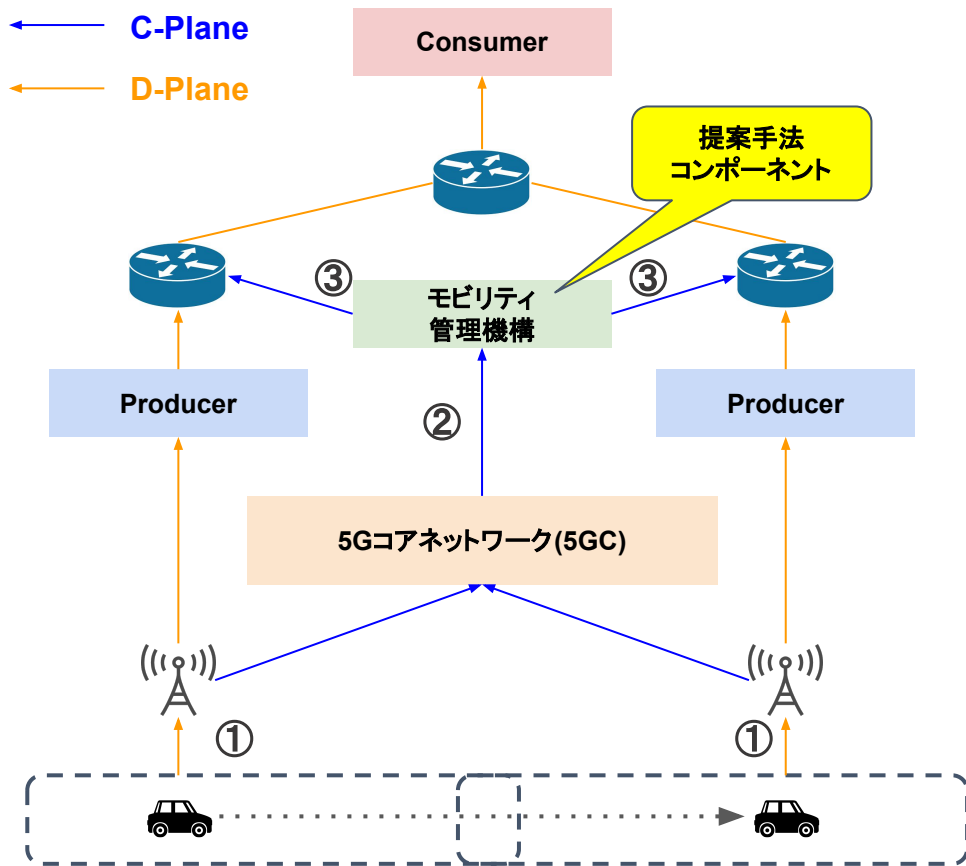
Producerが新しいルーターに接続したことをトリガーとして、ルーティング情報の更新を実行



ルーティング情報がNW上を伝搬する時間が遅延に影響を与えるタイムラグとなる

[3] Augé, Jordan, et al. "Map-me: Managing anchor-less producer mobility in content-centric networks." IEEE Transactions on Network and Service Management 15.2 (2018): 596-610.

# 提案手法の概要

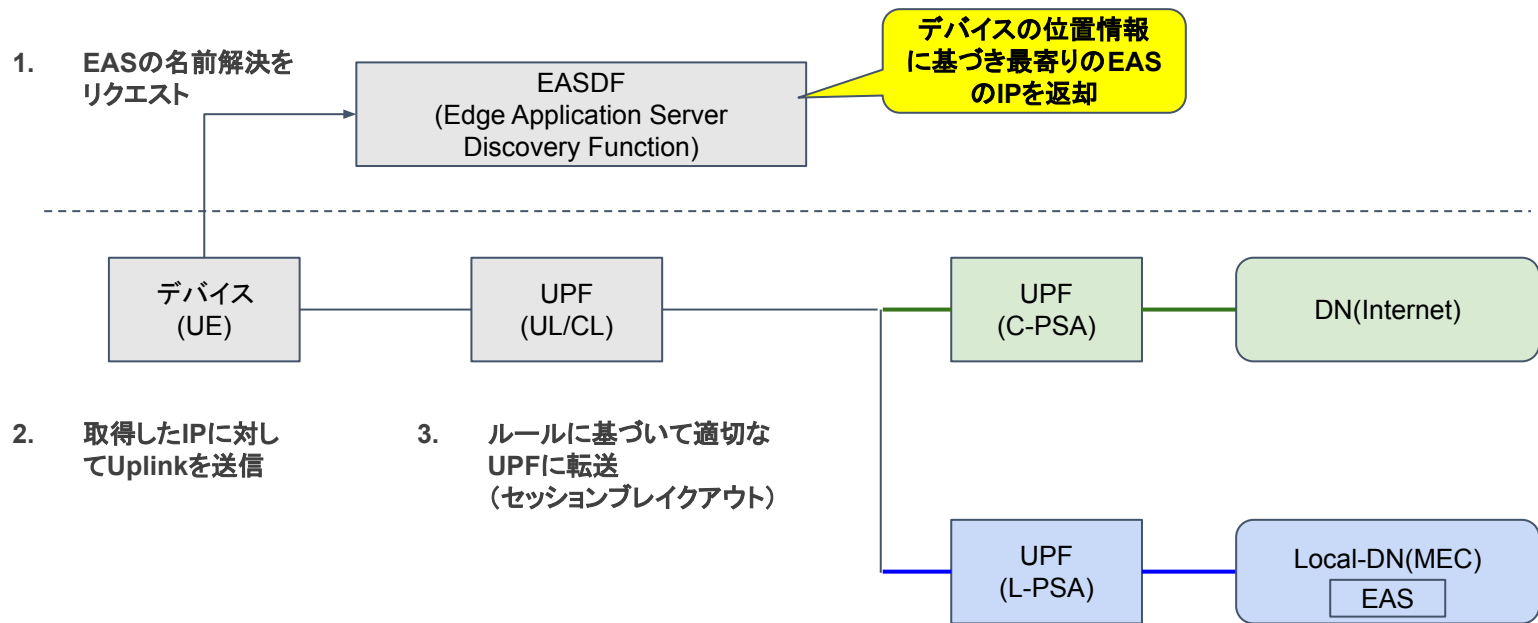


## ■ 処理の流れ

- ① モビリティデバイスの電波強度の送信
- ② 5GCからエッジ切替の早期通知
- ③ モビリティ管理機構からルーティング情報更新をICNネットワークに送信

5GCと連携することで  
移動の早期検知 & 通知を行う

## UEは近傍の MECサーバと通信が可能になる

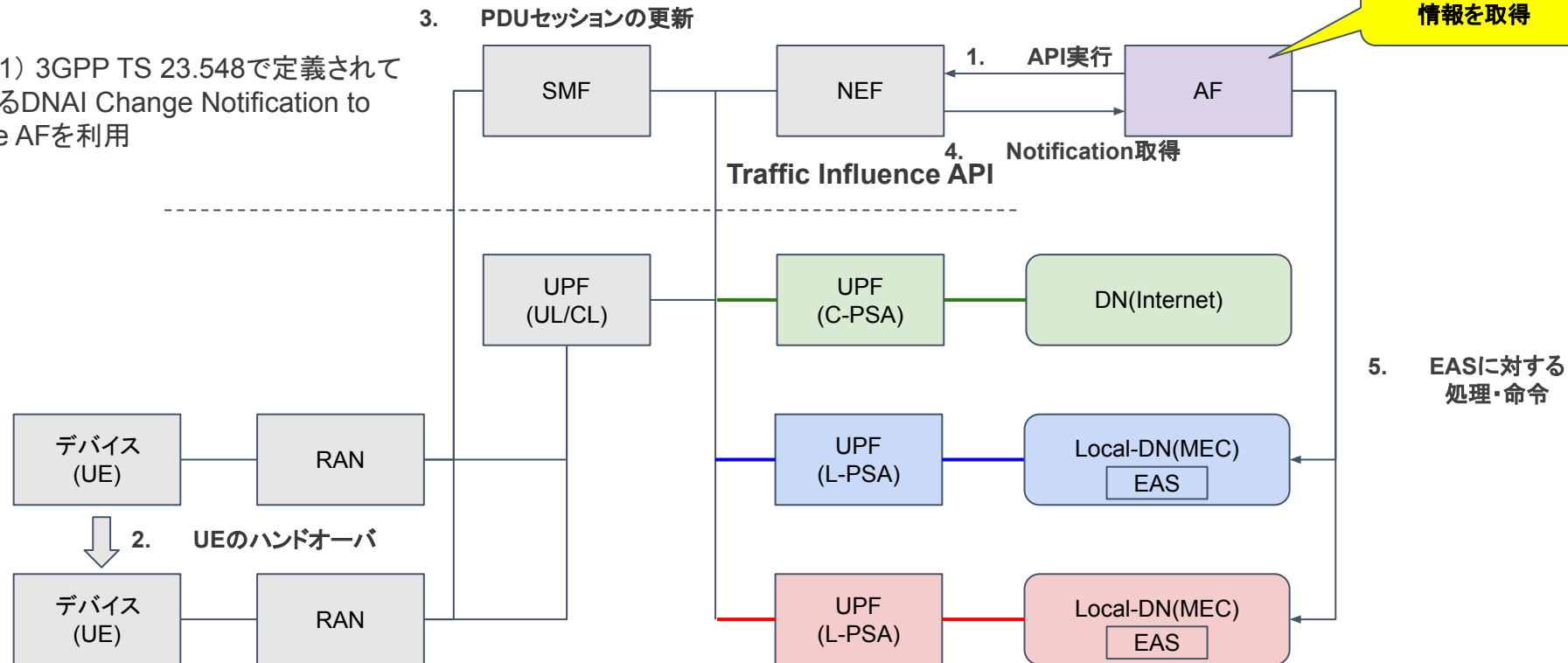


# 提案手法における 5G機能の活用: Traffic Influence APIによる移動情報の取得

## デバイスの移動情報を 5GCから取得することが可能 (※1)

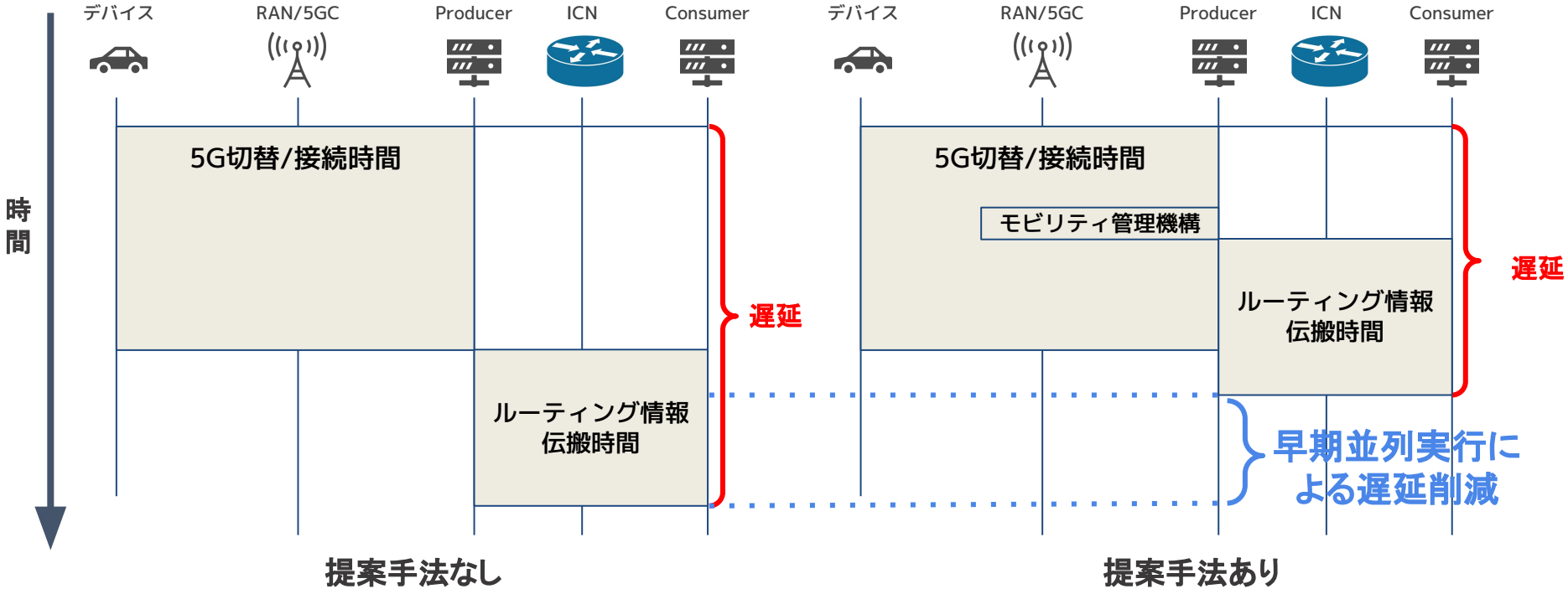
デバイス移動  
情報を取得

※1) 3GPP TS 23.548で定義されて  
いるDNAI Change Notification to  
the AFを利用



# 提案手法のアイディア

デバイスの接続先切替とルーティング情報変更を  
並行して行うことでハンドオフ遅延を短くする



# 実験・結果・考察

# 実験概要と評価指標

## ■ 実験1

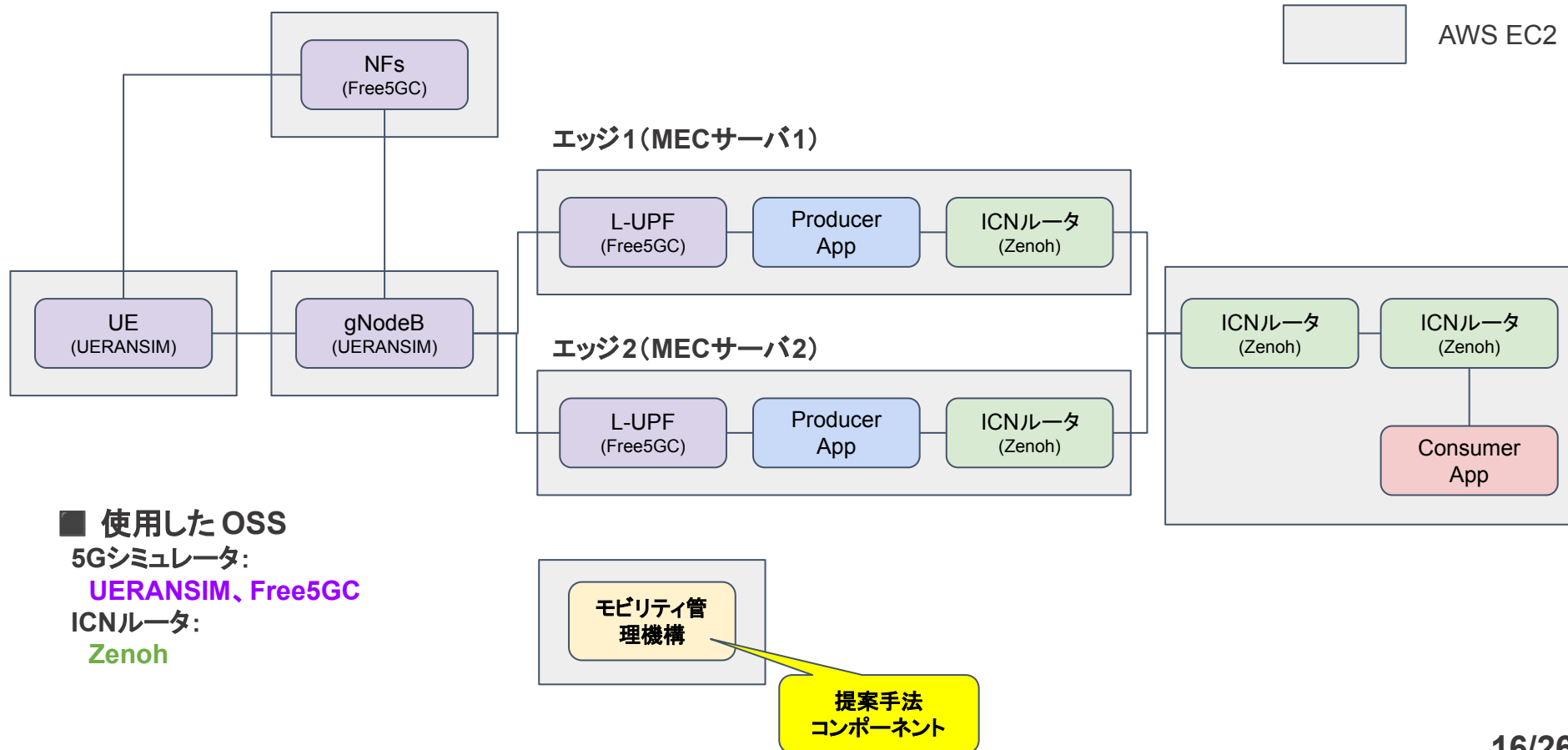
- 目的
  - 提案手法の有効性の評価
- 評価方法
  - デバイス移動シナリオ(後述)におけるハンドオフ遅延の改善率で評価
  - 提案手法なし vs 提案手法ありで比較

## ■ 実験2

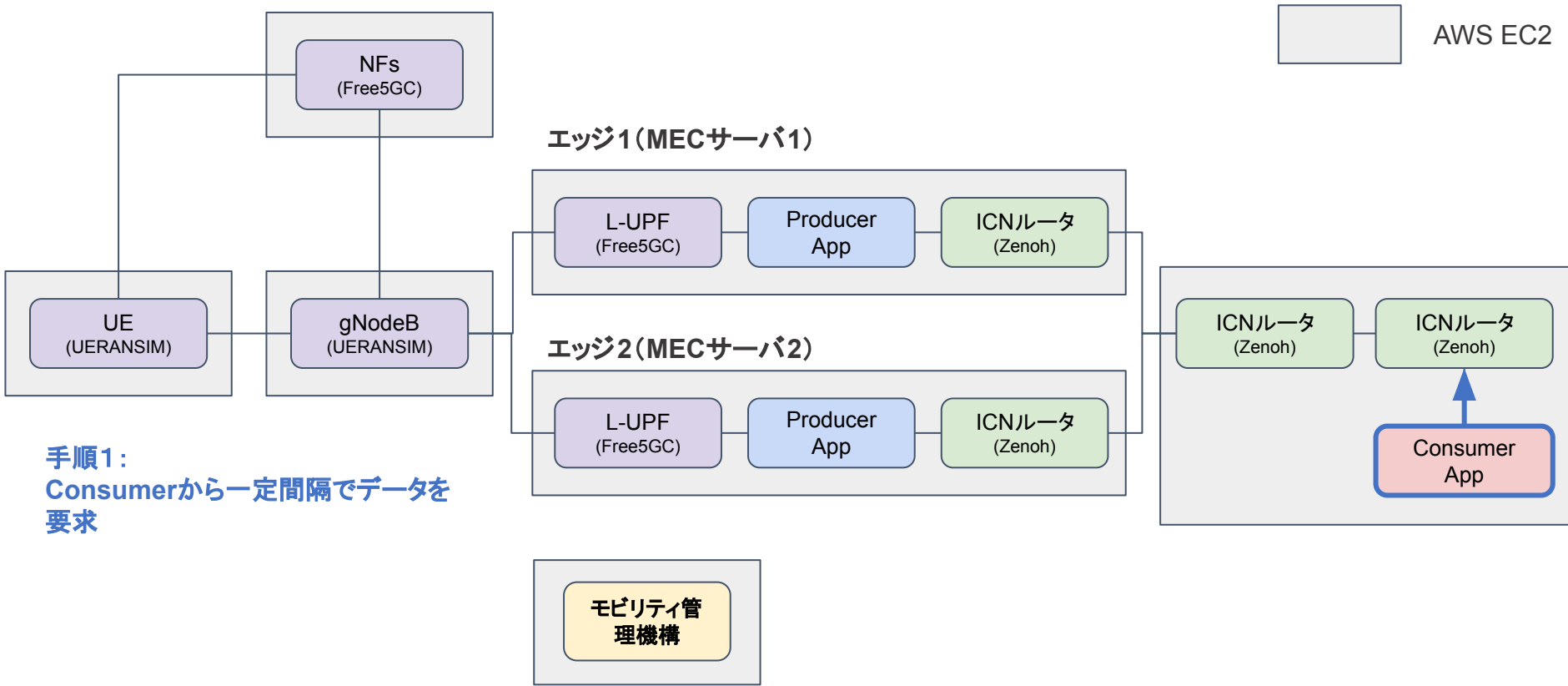
- 目的
  - NW条件が提案手法に与える効果の分析
- 評価方法
  - NW条件(後述)を変化させながら、実験1を実行する

## Producer Mobility研究における遅延の評価指標

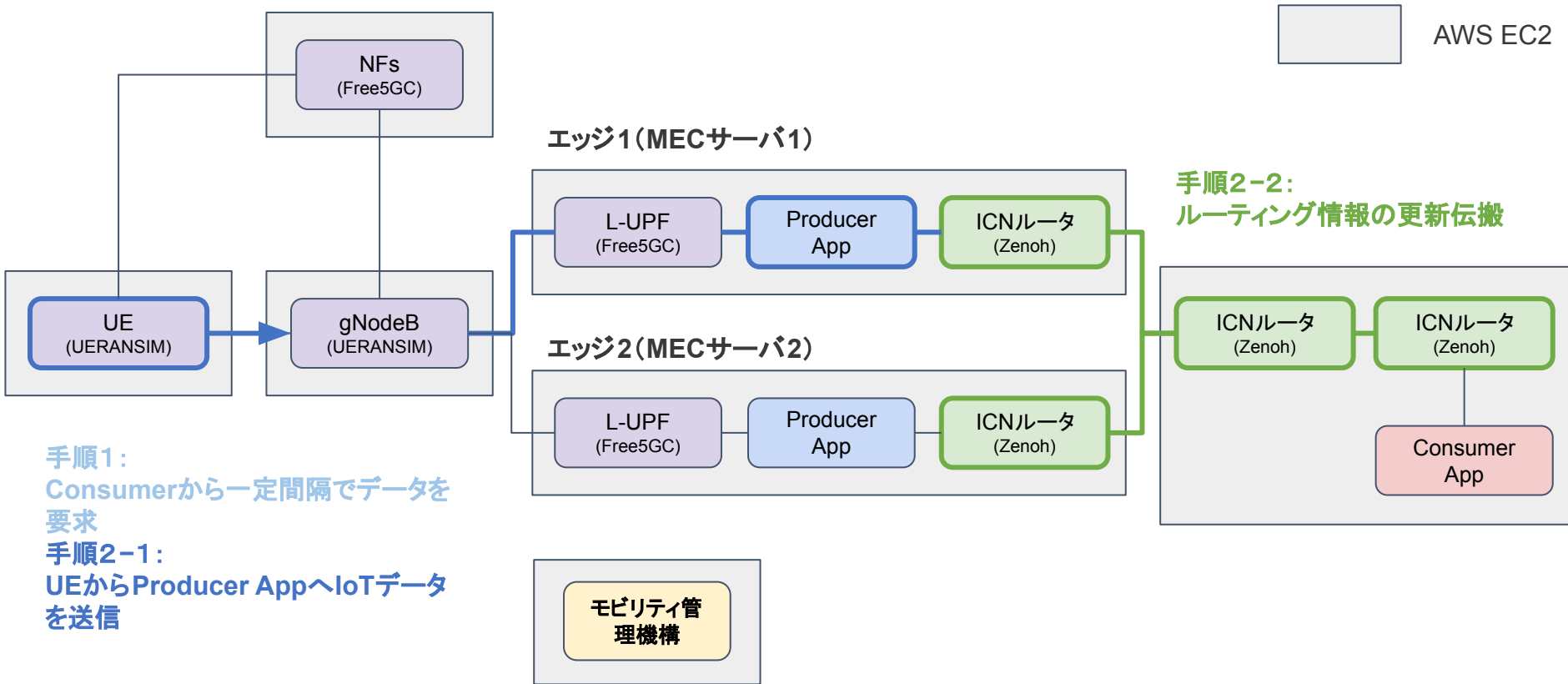
| 指標                           | 説明                                    |
|------------------------------|---------------------------------------|
| ハンドオフ遅延<br>(Handoff Latency) | Producerが移動してからルーティングの更新が完了するまでの時間    |
| データ取得遅延<br>(Retrieval Delay) | ConsumerがInterestを送信してからデータを受信するまでの時間 |



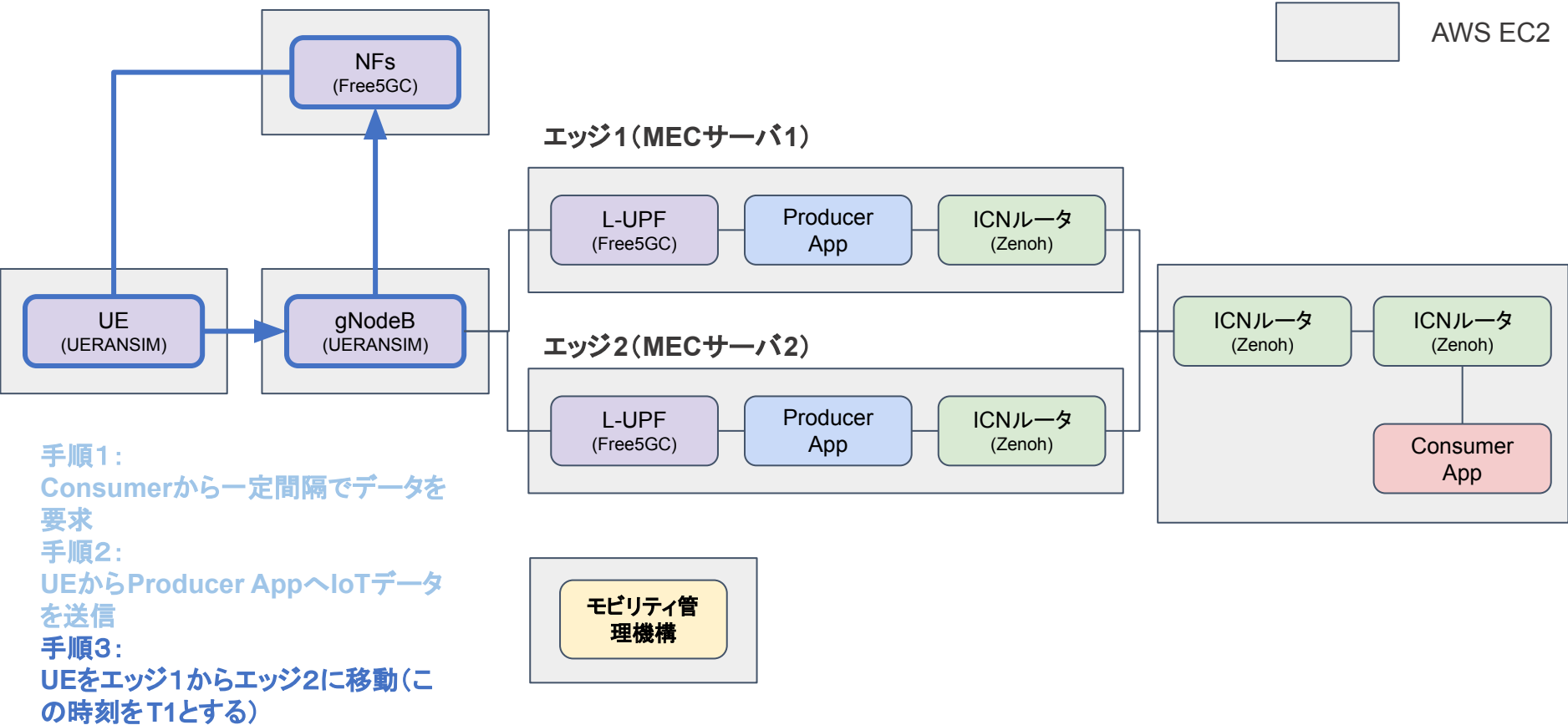
# 実験手順: 提案手法なし / あり共通



# 実験手順: 提案手法なし / あり共通

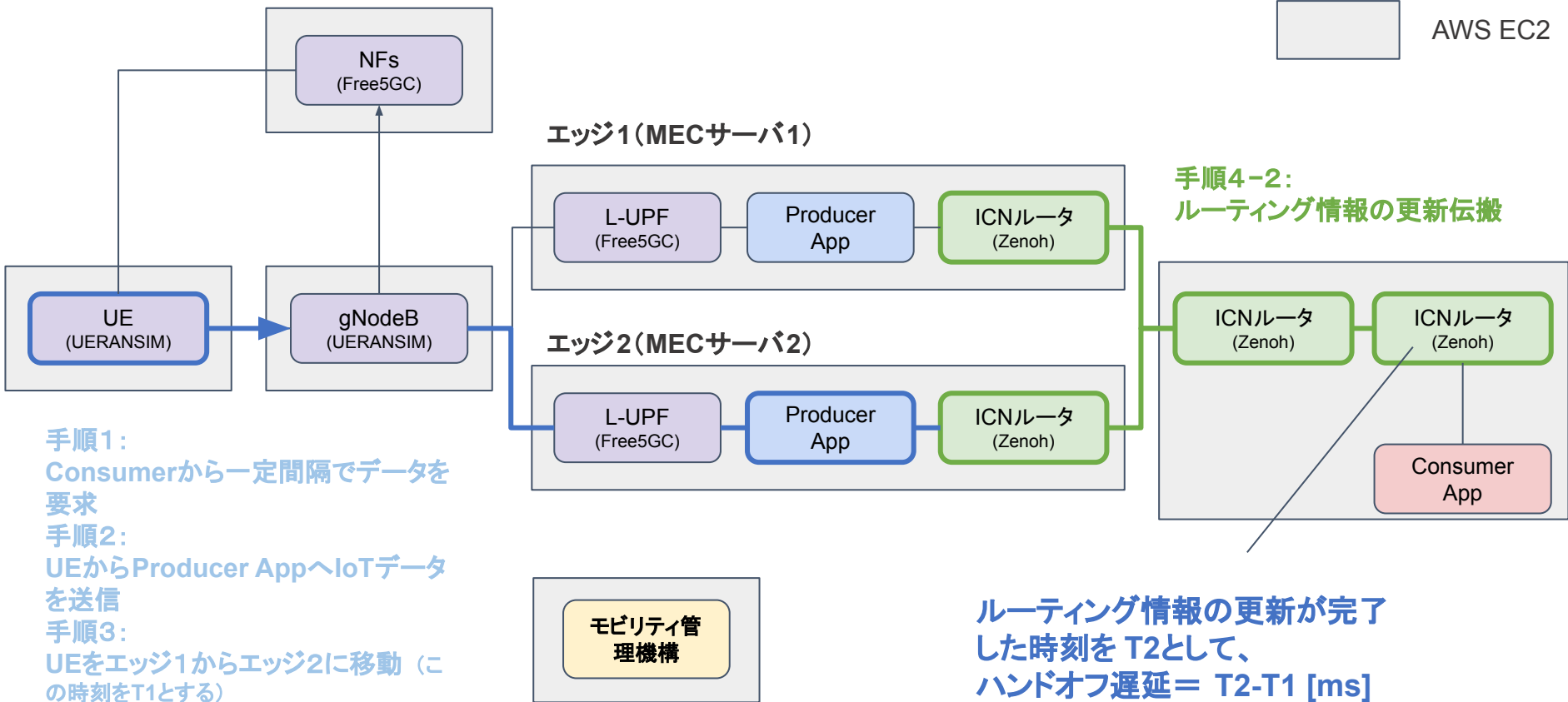


# 実験手順: 提案手法なし /あり共通



# 実験手順: 提案手法なし / あり共通

AWS EC2



手順1:  
Consumerから一定間隔でデータを要求

手順2:  
UEからProducer AppへIoTデータを送信

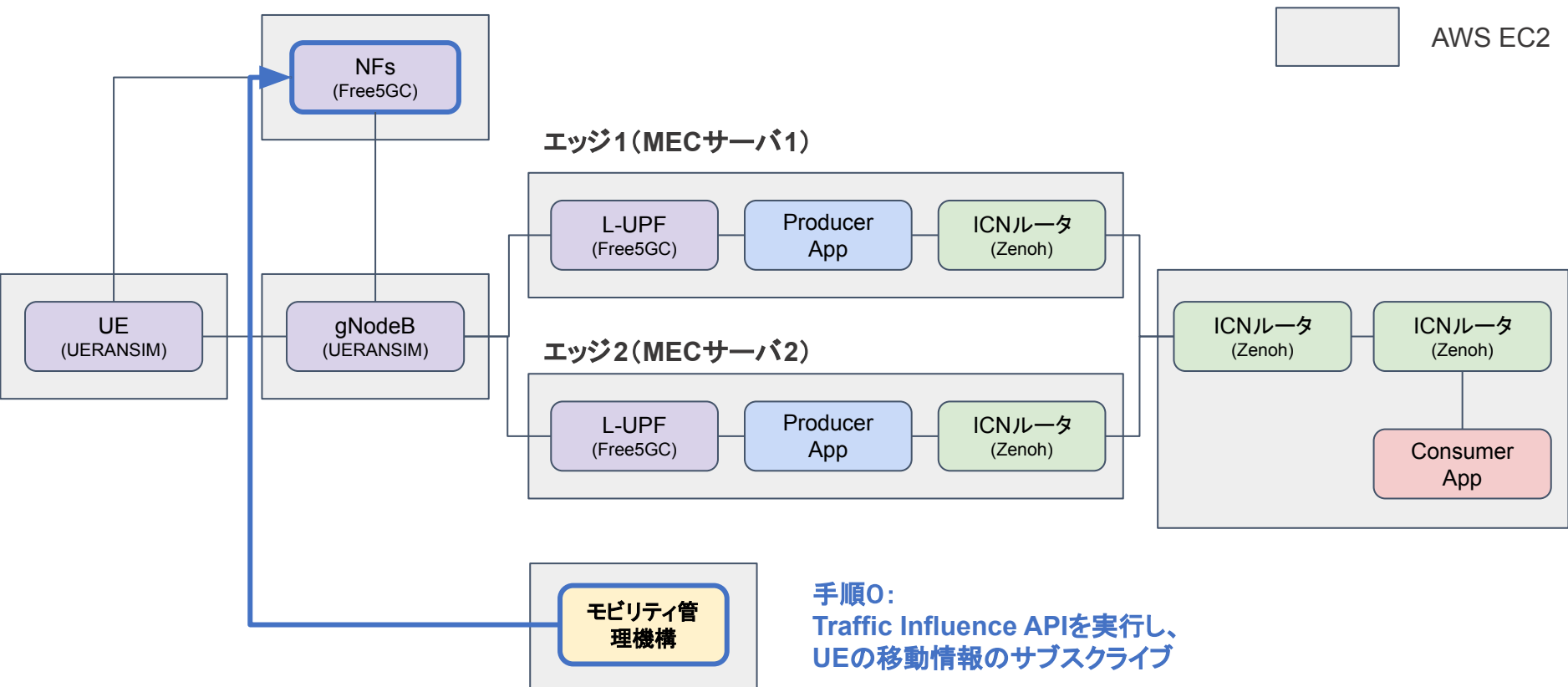
手順3:  
UEをエッジ1からエッジ2に移動 (この時刻をT1とする)

手順4-1:  
UEからProducer AppへIoTデータを送信

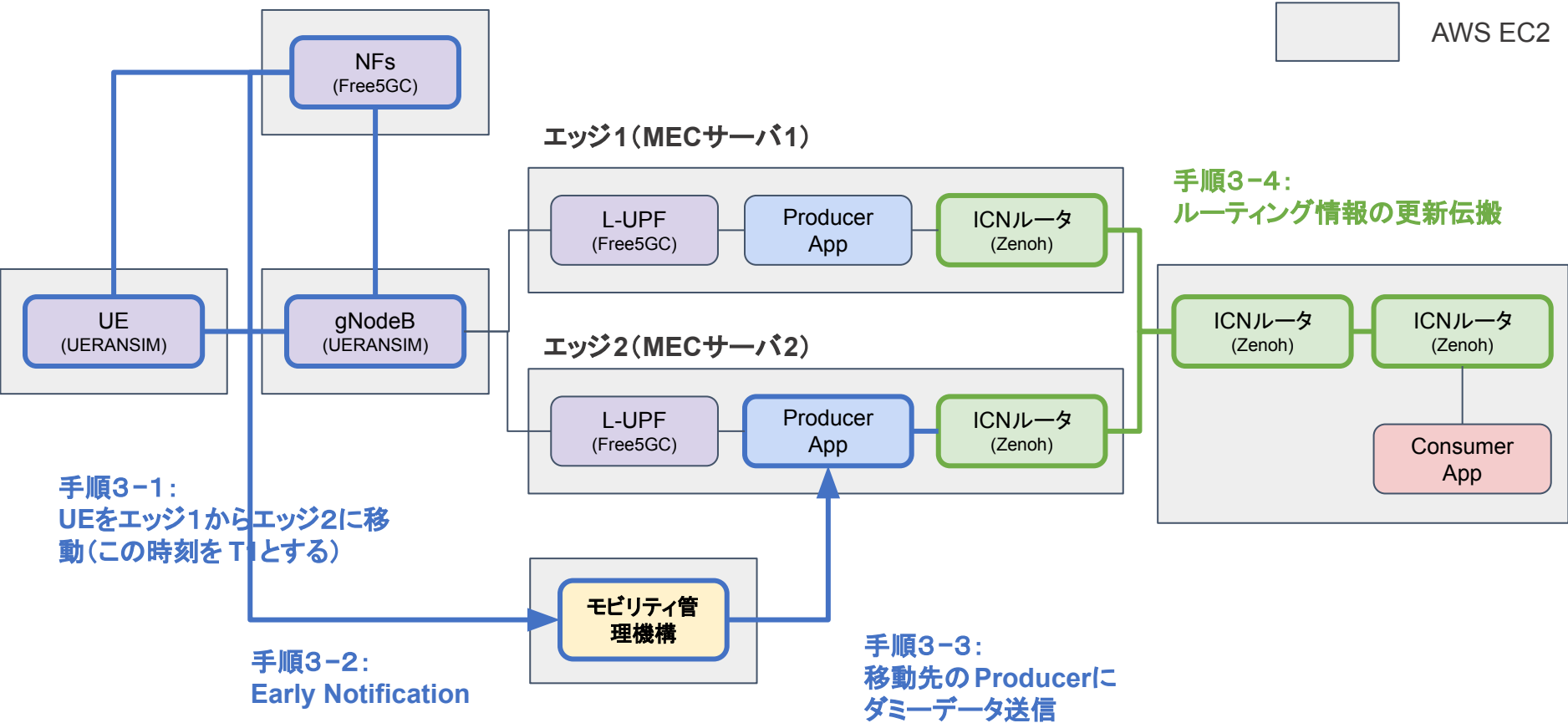
手順4-2:  
ルーティング情報の更新伝搬

ルーティング情報の更新が完了した時刻を T2として、  
ハンドオフ遅延 =  $T2 - T1$  [ms]  
と定義

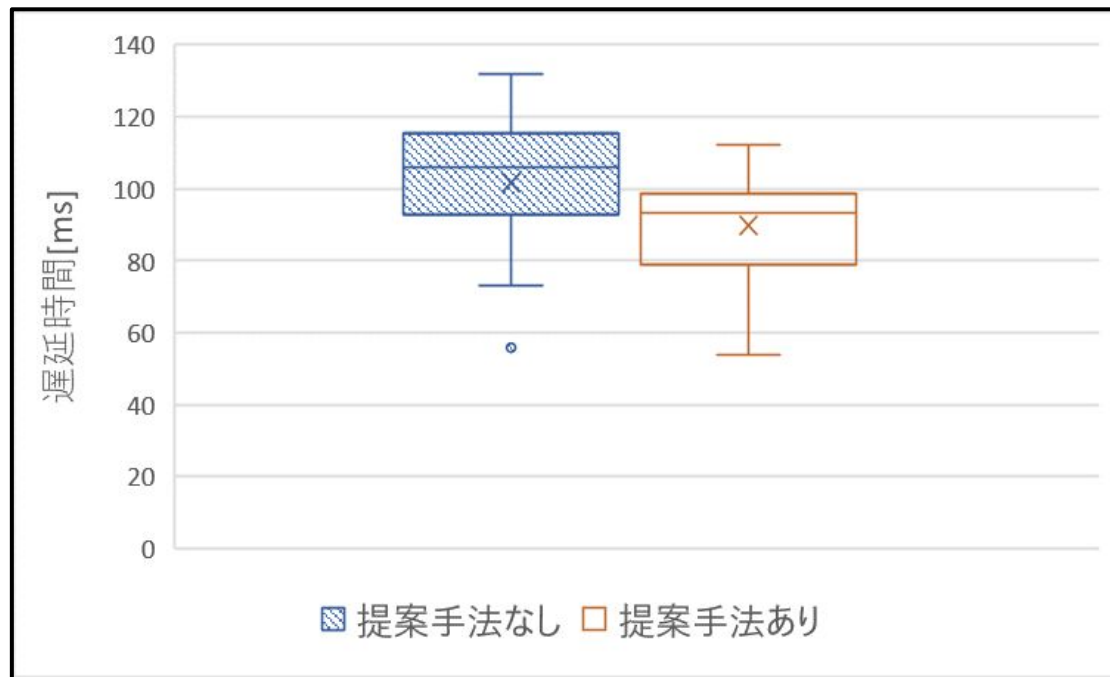
# 実験手順: 提案手法ありの場合



# 実験手順: 提案手法ありの場合



提案手法によって 12ms(改善率 11%)の遅延削減に成功



## NW条件の変化が 提案手法にどのような影響を与えるかを実験する

### 実験設計

#### ■ NW条件のパラメータ

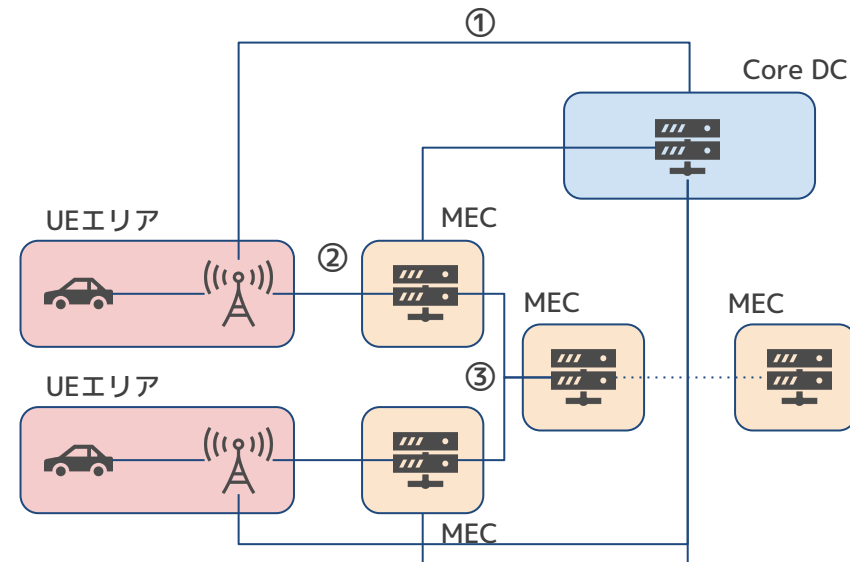
※LinuxのNICコマンドによって疑似的な遅延量をNWに設定

- ①UE ~ Core DataCenter間の距離
- ②UE ~ MECサーバ間の距離
- ③MECサーバ ~ MECサーバ間の距離

#### ■ 実験手順

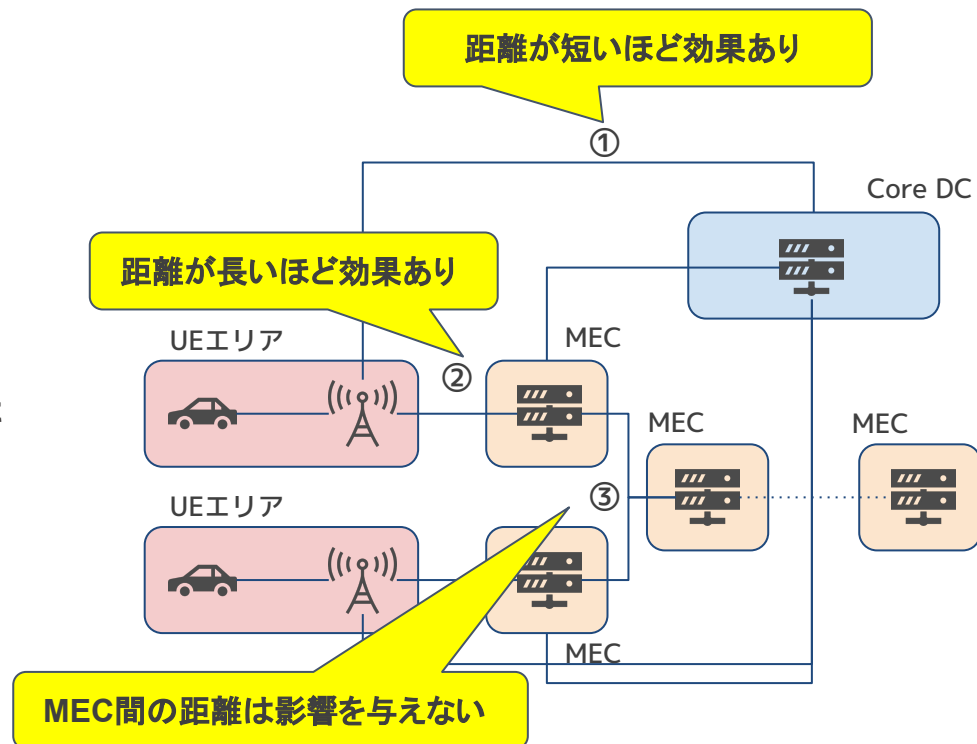
実験 1 と同じ

### NWパラメータのイメージ図



## NW条件が提案手法に与える影響を分析

- ①UE ~ Core DataCenter間の距離が短い  
②UE ~ MECサーバ間の距離が長い  
上記のようなNW条件下において、  
提案手法は特に効果を発揮することが分かった



## ■ 研究内容

ICN Producer Mobilityにおけるハンドオフ遅延を削減する目的において、  
5GCと連携して早期検知 & 通知を行う手法を提案

## ■ 結果

- 実験1
  - 提案手法によってハンドオフ遅延を 11%削減
- 実験2
  - UE、Core DC、MECの位置関係による提案手法への影響を分析

## ■ 今後の課題

- NW条件が与える影響の追加分析
- PubSub型データ連携における遅延課題

# End of File

# APPENDIX

[1] SoftBank Corp., "超デジタル社会の実現に向けて、次世代デジタルインフラに関する研究開発を開始" SoftBank News, Mar. 23, 2023. [Online]. Available: [https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2023/20230323\\_02/](https://www.softbank.jp/corp/news/press/sbkk/2023/20230323_02/).

[2] Hussaini, Muktar, et al. "Efficient producer mobility management model in information-centric networking." IEEE Access 7 (2019): 42032-42051.

[3] Augé, Jordan, et al. "Map-me: Managing anchor-less producer mobility in content-centric networks." IEEE Transactions on Network and Service Management 15.2 (2018): 596-610.