

5G時代の人々の暮らしを支える NECのネットワークスライシング技術

田山 陽司 青柳 雅人 作田 定之 石倉 諭 長友 賢悟

要旨

5G (5th generation : 第5世代移動通信システム) では、ネットワーク層を仮想的に分離するネットワークスライシング技術が定義されています。ネットワークスライシングを実現することで、「高速・大容量 (eMBB)」「多接続 (mMTC)」「高信頼、低遅延 (URLLC)」という5Gに求められる利用ケースを、単一のネットワークインフラにて提供することが可能になります。5Gではさまざまな社会課題の解決が期待されており、本稿では、モバイル通信事業者が迅速なサービス提供を可能とするNECのネットワークスライシング技術を紹介します。



5G/5GC/UPF/ネットワークスライシング/スライス

1. はじめに

少子高齢化や過疎問題などの社会問題に直面する日本では、従来型の人に頼った対応には限界が見えています。労働人口の減少、公共サービス、店舗運営の継続などの社会課題を解決し、生活や経済活動に必要な機能を維持していくためには、ICTの活用は不可欠です。大容量データを低遅延でさまざまな装置と通信するという特徴を持つ5Gは、社会全体におけるデジタルトランスフォーメーション (DX)¹⁾ (以下、DX) 化の手段として、これらの問題を解決するだけでなく、より豊かな生活を実現するための基盤として期待されています。本稿では、このような社会課題を解決する技術であるNECのネットワークスライシング技術について紹介します。

2. ネットワークスライシング技術

2.1 5Gネットワークの特長とスライシング技術の適用

移動通信システムは1980年代に導入されて以降、10年ごとに進化を繰り返し、携帯電話契約者数が人口を上回

るほど世界的に普及しました。しかし、4Gまでの移動通信システムは、限られた無線リソースを共有しているため、モバイル通信事業者はベストエフォート型のネットワークでサービスを提供していました。

5Gネットワークには(1) 高速・大容量、(2) 多接続、(3) 高信頼・低遅延の3つの大きな特長があり、携帯電話サービスだけでなく、産業領域への適用が期待されています。例えば、高精細映像配信やVR²⁾/AR³⁾のような利用ケースでは高速・大容量通信、物流管理やスマートシティのような利用ケースでは多接続、遠隔制御や自動運転

表 5Gの3つの特長と利用ケース例

5Gの特長	利用ケース例
高速・大容量 (eMBB : enhanced Mobile BroadBand)	高精細映像配信、ゲーム、VR/AR、スタジアムなどでの超高密度トラフィックなど
多接続 (mMTC : massive Machine Type Communication)	物流管理、IoT、スマートシティ / ホーム、スマートメータ、センシング、ウェアラブル端末など
高信頼・低遅延 (URLLC : Ultra-Reliable and Low Latency Communications)	スマートファクトリー、ロボット・ドローンの遠隔制御、スマート農業、遠隔手術、自動運転など

¹⁾ デジタル技術によって、ビジネスや社会、生活の形・スタイルを変えること。

²⁾ Virtual Reality (仮想現実) の略称で、デジタル技術により作られた仮想的な空間などを現実のように疑似体験できる技術。

³⁾ Augmented Reality (拡張現実) の略称で、実在する風景にバーチャルの視覚情報を重ねて仮想的に拡張する技術。

のような利用ケースでは高信頼・低遅延がネットワークに求められる要件となります(表)。

このように、5Gではさまざまな要件に対応できるネットワークが必要となります。個々の要件に対し個別のネットワークを構築することは、過剰な設備投資や運用負担の増加につながり現実的ではありません。また、DX化の手段として期待されている5Gは、今後生まれてくるさまざまな社会課題を解決するために、迅速に追従できる柔軟なネットワークが求められます。

そこで5Gでは、物理ネットワーク上に仮想的な論理ネットワーク(スライス)を形成する、ネットワークスライシングと呼ばれる技術が導入されています。これにより、要求条件の異なるアプリケーション、サービスごとにトラフィックを分離し、例えば、あるサービスは高速・大容量なスライスで、別のサービスでは高信頼・低遅延なスライスで提供することが可能となります。

2.2 ネットワークスライシングのアーキテクチャ概要

ネットワークスライシングとは、サービスが求める要件ごとに、構成やリソースを論理的に分割する技術です。5Gでは、この技術がコアネットワークや無線アクセスネットワークに導入されています(図1)。

ネットワークスライシングの技術仕様は3GPP(The 3rd Generation Partnership Project)標準仕様Release-15で策定されました。シグナリング情報としてS-NSSAI(Single-Network Slice Selection Assistance Information)と呼ばれるスライス識別子が定義され、S-NSSAIを端末から無線アクセスネットワーク、コアネットワークまで通知することでスライ

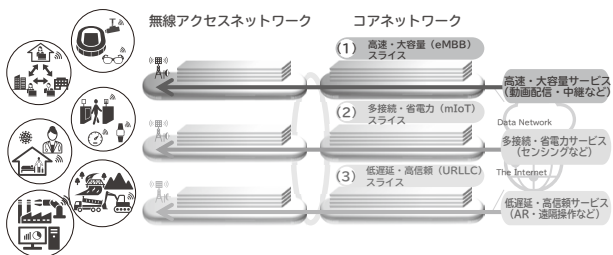


図1 5Gでのネットワークスライシング

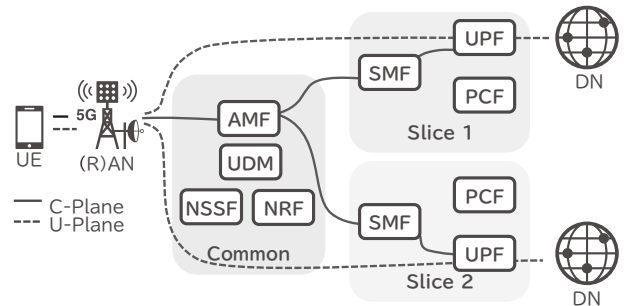


図2 スライスのイメージ

スを形成します。また、S-NSSAIにはサービスタイプとして、高速・大容量(eMBB)、多接続(mMTC)、高信頼・低遅延(URLLC)が定義されています。

2.3 コアネットワークでのネットワークスライシング

5Gコアネットワーク(以下、5GC)の基本構成は3GPPで定義されています。システムの構成はモバイル通信事業者や提供ベンダーに依存しますが、どの構成においてもUPF⁴はスライスごとに配備されます(図2)。

5G端末(UE)は、通信を始める際に呼処理信号(C-Plane)でスライス識別子(S-NSSAI)をAMF⁵に通知します。AMFは端末から要求されたスライス識別子をもとにSMF⁶を選択し、SMFがUPFを選択することでコアネットワーク内にスライスを形成します。

UPFはコアネットワークにおいて、ユーザーパケット(U-Plane)に対するQoSルールの施行、データネットワーク(DN)へのユーザーパケットの送受信処理を行う機能です。UPFがスライスごとに配備されることで、それぞれのスライスで求められるユーザーパケットのQoSを保証します。

5GCは異なる特長のネットワークを収容し、社会基盤となるシステムであることから、UPFにおけるスライスごとのQoSは重要な要求条件です。

3. ネットワークスライシングの実現

3.1 ネットワークスライシングを実現するうえでの課題

端末はアプリケーション種別やサービスタイプに応じ

⁴ User Plane Function:ユーザーデータの送受信処理機能。
⁵ Access and Mobility management Function:モビリティの管理機能。
⁶ Session Management Function:セッションの管理機能。

て、データ通信するスライスを選択することができます。しかし、アプリケーションはスライスを意識しないので、ユーザーパケットにスライスを特定できる情報が含まれません。そのため、第2章3節で述べたように、ユーザーパケットをスライスごとに処理するためには、スライスごとにUPFを配備する必要があります。サービス単位にスライスを構築する場合、サービスを追加するたびにUPFを構築する必要があります。この場合、UPFの構築作業だけでなく、周辺ネットワーク装置への設定（例としてSMFへのUPFのIPアドレス、スライス情報など）の追加も必要となり、DX化で求められる迅速なサービス提供を実現することができません（図3）。

UPFで複数スライスを収容できれば、モバイル通信事業者は構築済みのUPFへ新たなスライスを追加するだけでサービスを提供できるようになります。サービス追加における作業を簡略化できるので、サービス提供の迅速化にもつながります（図4）。そのためには、1つのUPFの物理リソース（CPUコアなど）をスライスごとに分離し、UPFの中でスライスごとに独立してパケットを処理する必要があります。

しかし、UPFはユーザーパケットからスライスを特定できず、複数スライスのユーザーパケットを混在して受信した場合、スライスごとにユーザーパケットを分離して処理できないという課題があります（図5）。

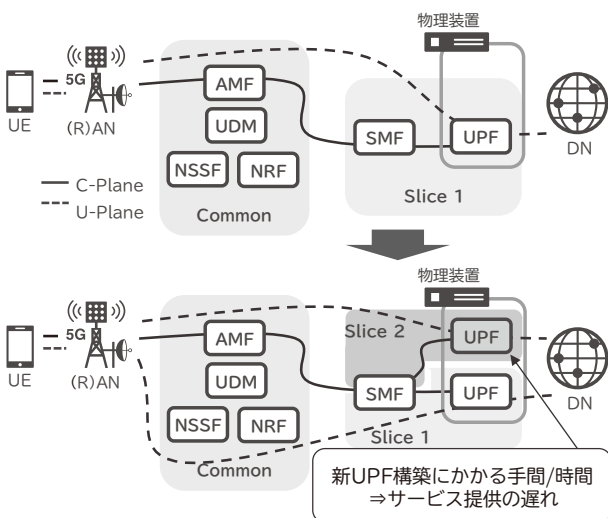


図3 スライスごとに構築されるUPF

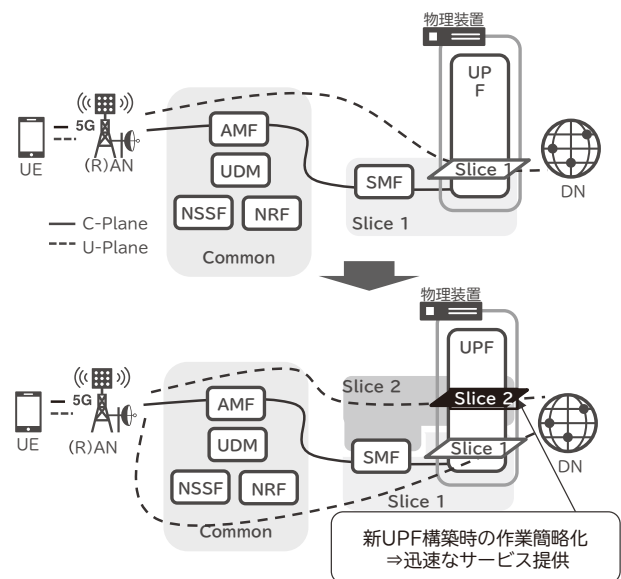


図4 1つのUPFへの複数スライス収容

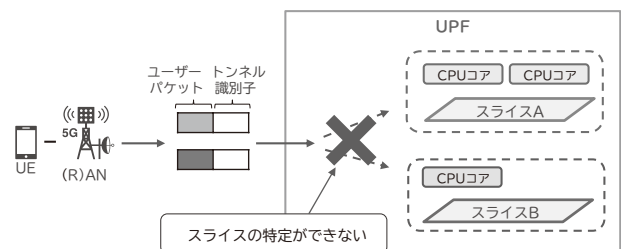


図5 複数スライス収容時の課題

3.2 NECのネットワークスライシング技術

基地局（RAN）とUPF間では、GTP（General Packet Radio Service Tunneling Protocol）と呼ばれるトンネリングプロトコル^{*7}を使用し、そのトンネル区間ではGTPでカプセル化（ユーザーパケットへのGTPヘッダー付与）されたユーザーパケットの送受信が行われます。GTPヘッダーには端末がコアネットワークに接続する際に、UPFが割り当てた端末ごとに一意なトンネル識別子^{*8}が含まれます。

また、NECのUPFではUPFとDN間のスライスを形成するために、GRE（Generic Routing Encapsulation）と呼ばれるトンネリングプロトコルを使用します。そのトンネル区間でも同様にUPFが端末ごとに一意なトンネル識別子をGREヘッダーに付与して、GREでカプセル化された

^{*7} ネットワーク上で仮想的な伝送路を構築し、データを送受信するためのプロトコル（通信規約）の1つ。

^{*8} UPFがユーザーパケット単位に任意の値で設定できるTEID（Tunneling Endpoint ID）。

ユーザーパケットの送受信が行われます。

第3章1節で述べた課題を解決するために、NECのUPFは次の機能を実装することで、ユーザーパケットのスライスを特定できるようにします（特開2021-170729）。

(1) トンネル識別子へのインデックス情報の付与

UPFは、GTPとGREのトンネル識別子を割り当てる際にインデックス情報（スライスを特定するためのS-NSSAIに紐づく値）を付与します。

(2) スライス特定のための条件テーブルの構成

UPFは、インデックス情報とS-NSSAIを対応付けるテーブルを構成します。

(3) インデックス情報と条件テーブルの照合

ユーザーパケットを受信した際、UPFはトンネル識別子に含まれるインデックス情報を参照し、条件テーブルと照合することでスライスを特定します（図6）。

UPFでスライス特定の処理を実施する場合、UPF内の受信処理では複数スライスのユーザーパケットを同時に処理する必要があります。そのため、受信処理に負荷が集中することになり、UPFをソフトウェアだけで実装する場合、システム全体の性能に影響します。NECのUPFでは、スライス特定の処理をCPUから切り離し、NIC（Network Interface Card）で処理させるためSmartNIC⁹を活用します。SmartNIC上でスライス特定の処理を実現することで、性能への影響を抑えながら、同時に複数スライスのユーザーパケットを処理できるようにします。

この技術により、スライスごとにUPF内のリソースを分離し、単一のUPFでスライスの要件に合わせて特性の異なる処理を独立して行うことが可能になります。例えば、高速・大容量なスライスでは広帯域の実現に特化した処理を行い、高信頼・低遅延なスライスではリアルタイム性の保証に特化した処理を行います。

これにより、新たなサービスが必要になった際にUPFを新たに構築する必要がなくなり、構築済みのUPFにスライスを追加するだけで新サービスの提供を迅速に行うことができます。NECは、社会課題の解決が求められる5Gにおいて、ユーザーの必要とするネットワークを迅速に提供できる本技術が、今後さまざまなケースで活用されることを期待しています。

4. むすび

本稿では、さまざまな社会課題を解決する技術であるNECのネットワークスライシング技術について説明してきました。NECはお客様との共創を重視した活動を推進し、本技術の優位性を実証するとともに、社会実装の実現に取り組んでいきます。

5. 謝辞

これらの成果は、国立研究開発法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構（NEDO）の「ポスト5G情報通信シ

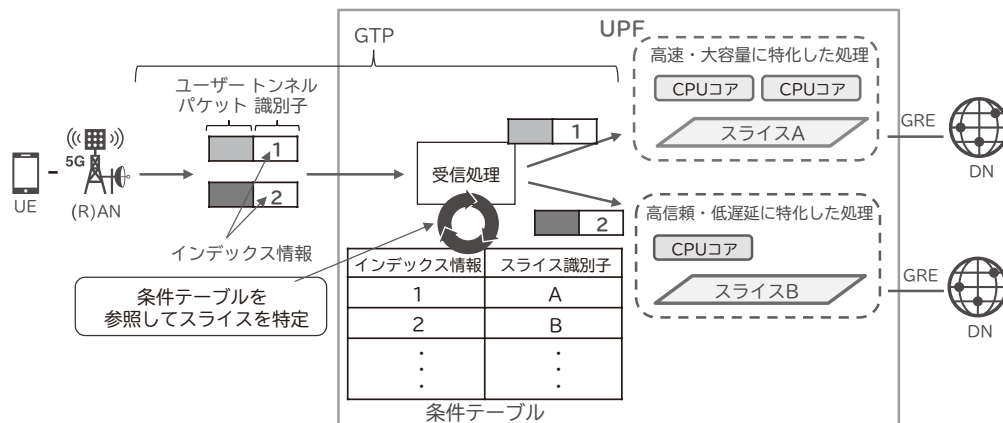


図6 ユーザーパケットのスライス特定処理

⁹ 処理能力が落ちる原因となるIPユーザーパケット処理などの負荷のかかる処理を、特殊なプロセッサ（FPGAなど）を利用して、CPUの処理をNICで実行することでCPU負荷を軽減できるNICのこと。

「STEM基盤強化研究開発事業」(JPNP20017)の委託事業の結果得られたものです。

執筆者プロフィール

田山 陽司

モバイルコア統括部
主任

青柳 雅人

ネットワークサポートサービス統括部
プロフェッショナル

作田 定之

モバイルコア統括部
プロフェッショナル

石倉 諭

テレコムキャリアソフトウェア開発
統括部
主任

長友 賢悟

モバイルコア統括部
主任

関連URL

5GC

<https://jpn.nec.com/tcs/5GC/index.html>

NEC 技報のご案内

NEC 技報の論文をご覧いただきありがとうございます。
ご興味がありましたら、関連する他の論文もご一読ください。

NEC技報WEBサイトはこちら

NEC技報 (日本語)

NEC Technical Journal (英語)

Vol.75 No.1 オープンネットワーク技術特集

～オープンかつグリーンな社会を支えるネットワーク技術と先進ソリューション～

オープンネットワーク技術特集よせて
NECのオープンネットワークに向けた技術開発と提供ソリューション

◆ 特集論文

Open RANとそれを支える仮想化技術

Open RANがもたらすイノベーション
モバイルネットワークにおける消費エネルギー削減
自己構成型スマートサーフェス
Nuberu: 共有プラットフォームによる高信頼性のRAN仮想化
vrAln: vRANにおけるコンピューティングリソースと無線リソースのためのディープラーニングベースのオーケストレーション

5G/Beyond 5Gに向けた無線技術

グリーン社会の実現に向けたNECにおける5G/Beyond 5G基地局のエネルギー効率化技術開発
双方向トランシーバアーキテクチャを備えたミリ波ビームフォーミングICとアンテナモジュール技術
5G/6G屋内ワイヤレス通信向け1ビットアウトフェーディング変調による光ファイバ無線システム
空間分割多重を用いた28GHz帯マルチユーザー分散Massive MIMO
28GHz帯マルチユーザー分散MIMOシステムを用いたOTFS変調信号のOTA測定
Sub6GHz帯アクティブアンテナシステムにおける空間多重性能の改善
トランジスタ非線形モデルを使用しないブラックボックスドハティ増幅器の設計手法
最大8マルチユーザー多重化を実現する39GHz帯256素子ハイブリッドビームフォーミングMassive MIMO

オープンAPN (オープン光・オール光)の実現への取り組み

APN実現に向けたNECの取り組み～Openな光ネットワーク実現に向けて～
APN実現に向けたNECの取り組み～APN製品(WXシリーズ)の特長～
APN実現に向けたNECの取り組み～フィールドトライアル～
オールフォトニクスネットワークを支えるシリコンフォトニクス光源による波長変換技術
NEC Open Networksを支える光デバイス技術～800G超の光伝送技術～

コア&パリアネットワークへの取り組み

カーボンニュートラルな社会の実現に向けたデータプレーン制御を支える技術
5G時代の人々の暮らしを支えるNECのネットワークスライシング技術
Beyond 5G、IoT、AIを活用したDX推進を支えるアプリケーションアウェアICT制御技術
通信事業者向け5Gコアネットワークにおけるパブリッククラウド活用

高度なネットワークサービスを提供する自動化・セキュア化への取り組み

OSSにおける運用完全自動化へのNECの取り組み
利用者の要件に基づくネットワークの自律運用技術とセキュリティ対応の取り組み
情報通信ネットワークの安全性を向上するセキュリティトランスペアレンシー確保技術
ネットワーク機器のサプライチェーン管理強化に向けた取り組み

ネットワーク活用ソリューションとそれを支える技術

通信事業者向け測位ソリューション
5Gのポテンシャルを最大限に引き出すトラフィック制御ソリューション(TMS)
ローカル5G向け小型一体型基地局「UNIVERGE RV1200」及びマネージドサービス
産業DXを支えるローカル5G活用によるパーティカルサービス
ローカル5G、LAN/RAN融合ソリューション

グローバル5G xHaulトランスポートソリューション

トランスポートネットワークの高度化を実現するxHaulソリューション・スイート
xHaulトランスフォーメーションサービス
xHaulトランスポート自動化ソリューション
5G/Beyond 5Gにおける固定無線トランスポート技術
Beyond 5Gに向けたSDN/自動化
高効率・大容量無線伝送を実現するOAMモード多重伝送方式

Beyond 5G/6Gに向けて

Beyond 5G時代に向けた取り組み

◆ NEC Information

2022年度C&C賞表彰式典開催



Vol.75 No.1
(2023年6月)

特集TOP