

トラフィック特性に応じた柔軟なU-Plane処理を実現するCUPSの開発

ネットワーク開発部

みやざき ゆうや おくだ けんぞう
宮崎 祐哉 奥田 兼三
くにとも こういちろう
國友 宏一郎
かいだ たかひろ
改田 高大

ドコモ・テクノロジー株式会社 パケットNW事業部

5Gサービス普及に伴い、EPCには低遅延通信やユーザ通信の大容量化など、さまざまなトラフィック特性へのさらなる対応を行うことが緊要である。ドコモでは、SGWとPGWがもつC-Plane/U-Plane機能を分離し別装置とするCUPSアーキテクチャを採用し、トラフィック特性に応じたU-Plane処理を実現している。本稿では、CUPSの技術概要や、U-Planeを処理する設備の選択方式について解説する。

1. まえがき

第5世代移动通信システム（5G）の初期導入においては、既存のEPC（Evolved Packet Core）^{*1}に5G基地局を接続して5Gサービスを実現する5G NSA（Non-Stand-Alone）方式^{*2}が広く採用されている [1]。5Gを前提としたアプリケーションの普及に伴い、EPCにおいてはこれまで以上の高速・大容量通信、低遅延通信、多数端末同時接続の実現が

急務となっている [2] [3]。具体的には、高速・大容量通信の実現のため数百Gbps～数Tbpsの処理が可能な大容量のゲートウェイ装置の増設、さらなる低遅延通信の実現のため基地局設備近傍へのゲートウェイ装置の分散配備、多数端末同時接続の実現のためのセッション^{*3}処理性能の向上などを達成する必要がある。

従来は、通信セッションを管理し通信を制御するC-Plane（Control Plane）^{*4}機能と通信トラフィック

©2021 NTT DOCOMO, INC.

本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

本誌に掲載されている社名、製品およびソフトウェア、サービスなどの名称は、各社の商標または登録商標。

^{*1} EPC：LTEおよび他のアクセス技術向けに3GPPで規定された第4世代のIPベースのコアネットワーク。

^{*2} 5G NSA方式：5Gのシステム構成の1つ。5G無線基地局とEPCを連携させる方式。5GC（^{*38}参照）を導入せずに5Gを提供できるため導入障壁が低いことが特長。

^{*3} セッション：U-Planeにおいてデータのやり取りを行う仮想的な通信路。通信路でやり取りされるデータ、およびその通信路に関してC-Planeでやり取りされる管理情報などのメタデータを含めた総称。

を処理するU-Plane (User Plane)^{*5}機能の双方を1つのゲートウェイ装置が具備している [4]。このため、あらかじめ想定したセッション数と通信容量のバランスが崩れると、C-PlaneまたはU-Planeのいずれかの処理能力が余剰になってしまう課題がある。高速・大容量通信においてはC-Planeの処理能力が余剰となり、多数端末同時接続においてはセッション数に対して通信量が小さくなるためU-Planeの処理能力が余剰となる。もしC-PlaneとU-Planeを独立にスケーリング^{*6}できれば、これらの課題が解消され、効率的な設備設計が期待できる。また低遅延通信では、伝搬遅延低減を目的としたU-Plane機能の基地局設備近傍への分散配備が必要となるが、C-Plane機能とU-Plane機能が統合された従来装置の分散配備ではセッション数や通信量がゲートウェイ装置間で偏るため設備の利用効率低下が発生するという課題がある。C-Plane機能の分散配備は不要であるため、もしC-Plane機能とU-Plane機能を分離して、特性に応じて配備構成を変更できれば、C-Plane処理能力に関する設備の利用効率低下について抜本的な改善の余地がある。

以上の背景から、ドコモでは3GPP TS (3rd Generation Partnership Project Technical Specification) 23.214で規定されたC-Plane機能とU-Plane機能の分離を実現するCUPS (Control and User Plane Separation)^{*7}アーキテクチャの導入を進めている。CUPSアーキテクチャでは、ゲートウェイ装置のC-Plane機能とU-Plane機能を分離することで、C-PlaneとU-Planeの独立したスケーリングや、C-Plane機能の集中配備とU-Plane機能の分散配備の両立が可能となり、これにより柔軟で効率的なコアネットワーク^{*8}の展開と発展が可能となる [5]。また、前述の課題が解決されるだけでなく、C-Plane機能とU-Plane機能の独立した設備更改や特定のトラフィッ

ク特性に特化したU-Plane装置の採用なども可能となる。

ユーザ観点では、CUPSを導入することで、多様な要件に特化した設備運用によるユーザ体感の抜本的な向上、コアネットワーク設備の効率化によるユーザメリット追求に向けたさらなる設備増強や料金の低廉化などが期待できる。

本稿では、オペレータ、ユーザ双方にとっての価値の源泉となるCUPSアーキテクチャについての、アーキテクチャの概要、追加された制御プロトコル、トラフィック特性に応じたU-Plane制御の方式、5G SA (Stand-Alone) 方式^{*9}に向けた今後の発展を解説する。

2. CUPS

2.1 CUPS概要

(1) コンセプトとアーキテクチャ

CUPSを導入したEPCのアーキテクチャを図1に示す。CUPSは、EPCのSGW (Serving Gateway)^{*10}/PGW (Packet Data Network Gateway)^{*11}の構成をC-PlaneとU-Planeに分離した、3GPP TS23.214で定義されているアーキテクチャである。CUPSアーキテクチャは、従来のアーキテクチャとインタフェースに差分が出ないように設計されており、CUPSアーキテクチャをSGW/PGWに導入しても、MME (Mobility Management Entity)^{*12}やPCRF (Policy and Charging Rules Function)^{*13}やeNB (evolved NodeB)^{*14}/gNB (next generation NodeB)^{*15}などの対向する装置、およびMVNO (Mobile Virtual Network Operator)^{*16}やローミング^{*17}など他網のSGW/PGWには影響を与えない。C-PlaneについてはSGW-C (SGW Control plane function)^{*18}/PGW-C (PGW Control plane function)^{*19}、U-Plane

^{*4} C-Plane：通信の確立や認証などをするためにやり取りされる、一連の制御処理。

^{*5} U-Plane：通信の主信号であるユーザデータの送受信処理を指す。

^{*6} スケーリング：装置の性能諸元、通信特性を反映したトラフィックモデル、想定される加入者数、パーストラフィックに備えた予備能力などに基づいて、通信設備の収容能力の設計および通信設備の増減設の計画を行うこと。

^{*7} CUPS：SGW、PGWのもつC-Plane機能とU-Plane機能を分離し、別装置として規定したアーキテクチャを指す。

^{*8} コアネットワーク：ゲートウェイ装置、位置管理装置、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動通信システムを構成するネットワークのコア部分。移動機は無線基地局などで構成される無線アクセスネットワークを経由してコアネットワークとの通信を行う。

^{*9} 5G SA方式：5Gのシステム構成の1つ。5G無線基地局と5GCで5Gを提供する。すべて5Gシステムのため単独 (Stand-Alone) 構成と呼ばれる。5G特有の機能を利用可能。

^{*10} SGW：3GPPアクセスシステムを収容し、端末とPGW間の通信トンネルを中継する中継ゲートウェイ。

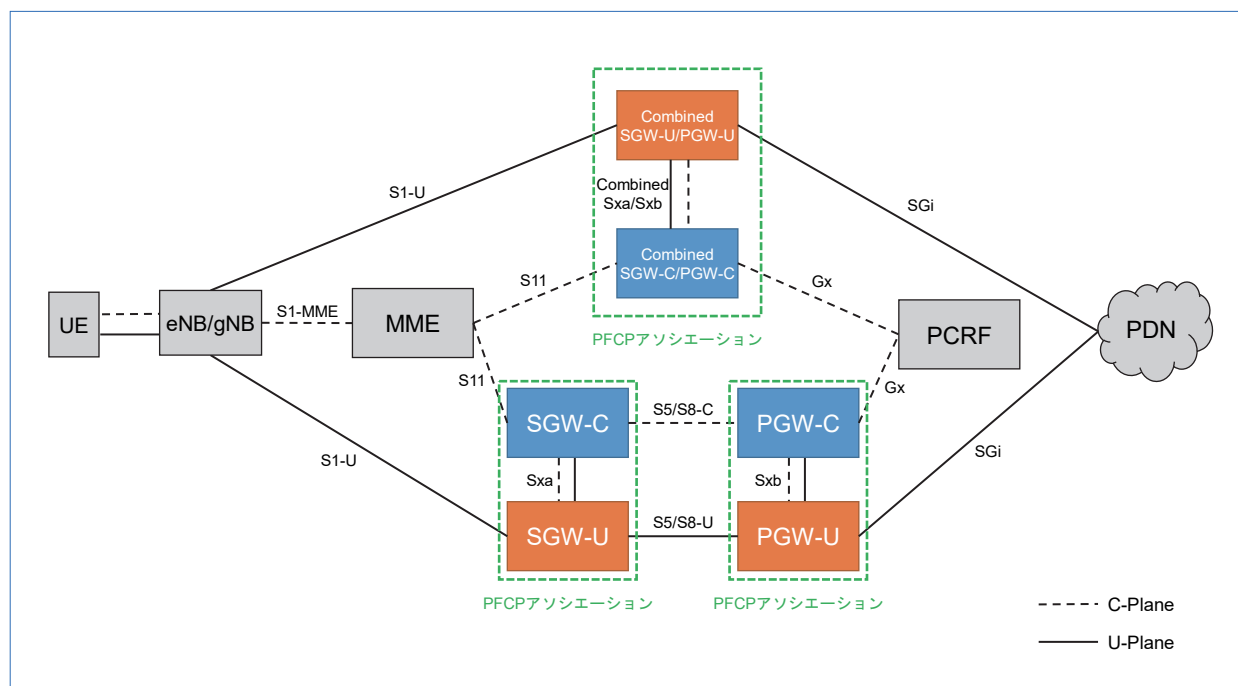


図1 CUPSを導入したEPCアーキテクチャ

についてはSGW-U (SGW User plane function)^{*20/} PGW-U (PGW User plane function)^{*21}が呼処理機能を具備する。Combined SGW-C/PGW-C^{*22}、Combined SGW-U/PGW-U^{*23}はSGWとPGWの機能を共通の装置で処理できる。CUPSを導入することで、C-Plane/U-Planeの収容能力を必要に応じて個別に拡充できる。標準仕様では、SGW/PGWに加えてTDF (Traffic Detection Function)^{*24}もTDF-CとTDF-Uに分離できるが本稿では詳細を割愛する。

C-Planeを扱うインタフェース (S5/S8-C, S11, Gxなど) をSGW-C/PGW-Cがもち、U-Planeを扱うインタフェース (S1-U, S5/S8-U, SGiなど) をSGW-U/PGW-Uがもつ。C-PlaneとU-Planeの両方を扱うインタフェースは、C-PlaneとU-Planeで異なるインタフェースに分離される。例えば、S5であればS5-C/S5-Uとして、SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-U

Uでそれぞれ保持する. SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-Uの間では, 3GPP TS29.244で定義されたSxインタフェースをもつ [6]. SGW-C/SGW-U間をSxa, PGW-C/PGW-U間をSxb, Combined SGW-C/PGW-C と Combined SGW-U/PGW-U 間を Combined Sxa/Sxbと呼ぶ.

Sxインタフェースでは、3GPP TS29.244で規定されたPFCP (Packet Forwarding Control Protocol) *25を使用する。PFCPの詳細は後述する。またSxインタフェースでは、U-Planeを送信することも可能であり、その場合に使用するプロトコルはGTP-u (GPRS Tunneling Protocol for User Plane) *26である。

(2)CUPSにおける基本呼処理

SGW/PGWをCUPS化した場合の呼処理シーケンスは、従来のアーキテクチャに影響を与えないよう

- *11 PGW：PDNとの接続点であり、IPアドレスの割当てや、SGWへのパケット転送などを行うアンカーゲートウェイ。
- *12 MME：UEの位置管理とセッション管理を行う装置。
- *13 PCRF：ユーザの課金ポリシーを管理、制御する論理装置。
- *14 eNB：LTEの無線方式に対応した無線基地局。
- *15 gNB：5Gの無線方式に対応した無線基地局。
- *16 MVNO：自社で無線アクセスネットワーク設備を所有せず、他社の設備を借りてサービスを提供するモバイル通信事業者を指す。
- *17 ローミング：利用者が契約している通信事業者のサービスエリア外で、他事業者のネットワークを利用する状態。

ア外でも、提携事業者のサービスエリア内であれば、契約している事業者と同様のサービスを利用できる仕組み。

- *18 SGW-C：CUPSアーキテクチャにおけるSGWのC-Plane処理を行う機能部。
- *19 PGW-C：CUPSアーキテクチャにおけるPGWのC-Plane処理を行う機能部。
- *20 SGW-U：CUPSアーキテクチャにおけるSGWのU-Plane処理を行う機能部。
- *21 PGW-U：CUPSアーキテクチャにおけるPGWのU-Plane処理を行う機能部。

設計されており、CUPS化に伴う信号増はSGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-U間のみとなる。LTE Attach^{*27}の例を図2に示す。Attach要求を受信したMMEはSGW-C/PGW-Cをそれぞれ選択し、選択したSGW-Cに対してセッション確立要求を送信する(図2①)。SGW-Cはセッションを確立するSGW-Uを選択する(図2②)。SGW-CはPFCPのセッション確立要求をSGW-Uに送信しセッションを確立する(図2③)。その後、SGW-CはPGW-Cにセッション確立要求を送信する(図2④)。これを受信したPGW-CはPGWと同様にPCRFから確立するセッションの課金ポリシーなどを入手する。次にセッションを確立するPGW-CはPGW-Uを選択し、PFCPのセッション確立要求を送信しセッションを確立する(図2⑤)。

SGW-Cは、PGW-Cからのセッション確立要求の応答から得たPGW-Uに関するU-Planeパス情報をSGW-Uに送信し、PFCPセッションを変更することでSGW-UとPGW-UのU-Planeパスを確立する(図2⑥)。MMEによるeNB側の設定が完了すると、eNBのU-Planeパス情報をSGW-Cは受信する。SGW-CはeNB側U-Planeパス情報をSGW-Uに通知し、SGW-UはeNB側との間でU-Planeパスを確立する(図2⑦)。

2.2 CU間の制御

(1)PFCP概要

PFCPは、SGW-U/PGW-Uのパケットの転送、廃棄、書換え、滞留、優先処理、カウントなどのパケット処理を、SGW-C/PGW-Cが指定するルール群

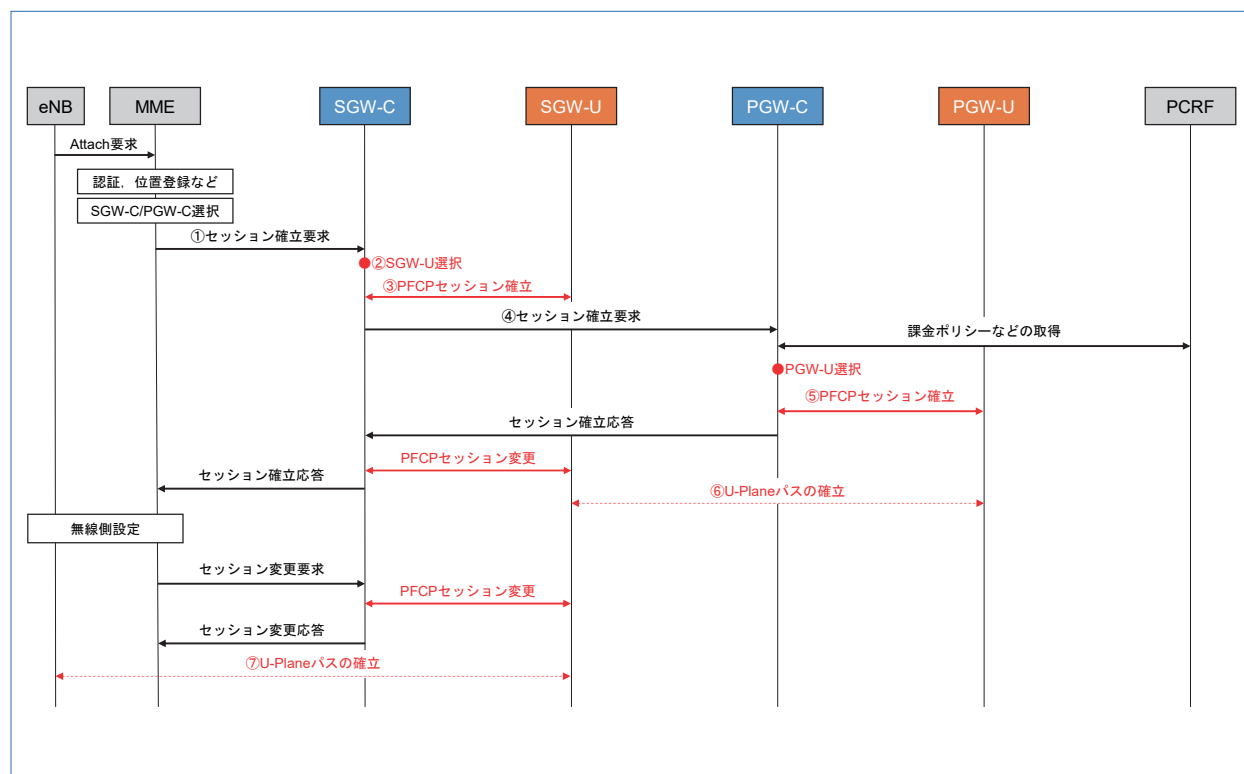


図2 Attachシーケンス

- *22 Combined SGW-C/PGW-C: SGW-C, PGW-Cを結合し、双方の機能を兼ね備えた単一のC-Plane処理機能部。
- *23 Combined SGW-U/PGW-U: SGW-U, PGW-Uを結合し、双方の機能を兼ね備えた単一のU-Plane処理機能部。
- *24 TDF: トラフィックの識別、アプリケーションの検出を行い、PCRFに通知する機能部。ドコモでは実装されていない。
- *25 PFCP: Sx参照点で用いられるC-Planeプロトコル。SGW-C/PGW-CはSGW-U/PGW-Uに対してPFCPを用いてパケット制御方法を指示する。
- *26 GTP-u: 無線基地局やコアネットワークの装置がユーザデータ

を送送するために使用するトンネリングプロトコル。

- *27 Attach: 移動機の電源投入時などにおいて、移動機をネットワークに登録する処理および状態。

により制御するプロトコルである。SGW-C/PGW-CはSGW-U/PGW-Uにルール群をセッションごとに割り当てることができる。

PFCP信号は、装置間制御を規定するNode Related Procedures/MessagesとPFCPセッション制御を規定するSession Related Procedures/Messagesの2種類に分かれる。SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-UペアをPFCPアソシエーションと呼び（図1）、SGW-C/PGW-CはPFCPアソシエーションを組んでいるSGW-U/PGW-Uのみ制御可能となる。

(2)パケット処理モデル

PFCPでは、複数のルールを組み合わせてパケット処理の制御を行う。PFCPで使用するルール群を表1に示す。ルールはPDR（Packet Detection Rule）、FAR（Forwarding Action Rule）、BAR（Buffering Action Rule）、QER（QoS（Quality of Service）^{*28} Enforcement Rule）、URR（Usage Reporting Rule）の5種類である。PFCPでは、PDRを軸にさまざまなルールを組み合わせることでパケット処理を実現する。PDRには、監視対象とする受信用インタフェースや5-tuple情報^{*29}を定めておき、パケット受信時に、パケットに紐づく5-tuple情報がPDRの条件に合致するかSGW-U/PGW-Uが判定を行う。条件に合致した場合、規定したルール群に従いパ

ケット処理を行う。PDRについては、Downlinkパケットを検知するPDRとUplinkパケットを検知するPDRのように、個々に設定を行う。さらに宛先IPアドレスやプロトコルごとに適用ルールを変えることも可能であり、例えばDHCPv6（Dynamic Host Configuration Protocol for IP version6）^{*30}に関するパケットについては、PGW-UからPGW-Cに転送するという規定も可能である。なお、PDRを除く各ルールを複数のPDRに関連付けることが可能である。例えば、ある1つのQERを複数のPDRに関連付けることで、同一のDSCP（Differentiated Services Code Point）^{*31}値をSGW-U/PGW-Uが付与するといった制御が可能である。

実際のルール適用フローを解説する。まず、SGW-C/PGW-CはSGW-U/PGW-Uに対して、複数のPDRおよびPDRに関連付けられた各ルールを通知する。SGW-U/PGW-Uは、パケットを受信した際に通知されたPDR群を順に判定していき、合致するPDRを探索する。合致するPDRが見つけれられた場合、PDRに関連付けられたFARに基づき受信パケットの処理を行う。FARの内容がバッファリングであれば、BARに基づきバッファリングを行う。パケットを転送する場合は、QERに基づきDSCPマーキングや帯域制御などを行う。最後にURRで

表1 PFCPのルール群

ルール名	役 割
PDR	受信したパケットに対する判定条件およびパケットに適用するルール群を規定する。
FAR	パケットに付与するトンネリングヘッダ情報や使用するインタフェースなど転送にかかわる動作に加え、パケットの破棄もしくはバッファリングを行うなど転送要否を規定する。
BAR	保持する最大パケット数やDownlinkパケット到着からSGW-Cに対し通知するまでの滞留時間などバッファリングに関して規定する。
QER	許容する通信帯域やDSCP値の付与など転送パケットのQoSに関して規定する。
URR	関連付けられたPDRが検知したパケットのカウント方法や、C-Plane装置に対するカウント状況の通知タイミングを規定する。

^{*28} QoS：ネットワークにおいて、パケットにマーキングして優先的に処理するなどの方法により、通信品質を適切に管理するための技術。音声通話などにおいて通話が途切れないようにデータ転送よりも優先するなどの処理を行う。

^{*29} 5-tuple情報：IPヘッダ、TCP（Transmission Control Protocol）/UDP（User Datagram Protocol）ヘッダに格納されている宛先IPアドレス、宛先ポート番号、送信元IPアドレス、送信元ポート番号、プロトコル番号の5つの情報の総称。

^{*30} DHCPv6：IPv6を用いてネットワークに接続する際に必要なDNSサーバ情報やアドレス情報などを配布するプロトコル。

^{*31} DSCP：IPパケットのQoS優先度制御を行う際に、パケットの優先度を表す値。IPヘッダのType Of Serviceの先頭6bitで表現され、64段階の優先度を指定することができる。

規定された方法でパケット数カウントやボリュームカウントを行い、SGW-C/PGW-Cに通知する必要がある場合は、カウント情報などの通知を行う。このようにPFCPのルールを組み合わせSGW-U/PGW-Uでパケット処理を行う。

(3)U-Plane装置の管理

SGW-C/PGW-Cは、SGW-U/PGW-Uに対しPFCPアソシエーションを事前に確立しこれらを管理している。セッション確立時に選択候補となるSGW-U/PGW-UはPFCPアソシエーションを確立している装置となる。PFCPアソシエーションを確立する際には、SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-Uとのどちらで標準仕様のオプション機能を分担するか選択可能である。SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-Uは、お互いのもつ能力をNode Related Procedures/Messagesで交換し、オプション機能の対応状況に応じて、どちらで機能をサポートするか決定する。

PFCPアソシエーションを確立したSGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-U間は定期的にハートビートパケット^{*32}を送信し、互いの死活監視や再開時刻の確認を行う。ハートビートパケットはそれらの間では双方向で送受信が可能である。

3. トラフィック特性に応じたU-Plane制御

3.1 CUPS導入後のGW選択

(1)CUPSのGW選択方式

EPCでは、MMEがDNS (Domain Name System)^{*33}を用いてSGW/PGWを選択する方式が規定されている。MMEはAPN (Access Point Name)^{*34}や端末の位置情報などのキー情報を基にDNSを用いて適切なSGW/PGWを選択する。MMEはセッション数といったC-Planeの観点と、想定されるトラフィッ

ク量や物理距離といったU-Planeの観点の両者を考慮してSGW/PGWを決定する。これに対しCUPS導入後は、MMEとSGW-C/PGW-Cで分担して装置を選択する形となる。MMEの選択対象装置はSGW-C/PGW-Cとなり、SGW-U/PGW-Uの選択をSGW-C/PGW-Cが担う。SGW-U/PGW-Uの選択方式について、標準仕様では2種類が規定されている。1つ目はSGW-C/PGW-C単独で選択する方式である。2つ目はSGW-C/PGW-CがDNSと連携し選択する方式である。標準仕様上、DNSを用いた選択方式はオプションとして規定されていることから、本稿ではSGW-C/PGW-C単独の選択方式について解説する。

標準仕様で規定されているSGW-U/PGW-U選択に使用可能なパラメータは、大きく以下の3種類となる。

- ①セッション確立要求で受信したAPNや端末位置情報などを含むC-Plane情報。
- ②SGW-U/PGW-Uの性能や機能などの静的な情報。
- ③SGW-U/PGW-Uの負荷状況などの動的な情報。

基本的には従来のMMEによる選択と同様に、APNと位置情報を用いてSGW-U/PGW-Uの選択を行うが、③はMMEによる選択では難しかった機能の実現に繋がる。③の例として、負荷バランシングを取るために現在の負荷状況をパラメータとして通知することが挙げられるが、従来でもSGW/PGWから負荷状況をMMEに通知し活用する規定は存在していた。しかし、通知されたSGW/PGWの負荷情報の活用要否はMMEの実装状況に左右されるため、ローミングやMVNOでは適切に活用されない可能性があった。CUPS導入後はSGW-U/PGW-Uに対する負荷分散やトラフィックに応じた選択は自網SGW-C/PGW-Cで行えるため、負荷情報を踏まえて装置を選択できる。

^{*32} ハートビートパケット：対向する装置の死活監視を行うために送信される生存確認のためのパケット、またはその生存応答のパケット。PFCPのハートビートでは、タイムスタンプなどが送受信される。

^{*33} DNS：ネットワーク上でドメイン名とIPアドレスの解決を行う機能。コアネットワークでは、ゲートウェイ装置などのサービスディスカバリーに利用される。

^{*34} APN：UE（^{*36}参照）の接続先を指定する識別子。UEがコアネットワークに対して接続を要求する際に接続先のPDNを指定する識別子として利用する。

(2)CUPS導入後の装置配備

CUPS導入後の装置配備の例を図3に示す。CUPS導入後では、SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-Uはそれぞれ独立して配備が可能になる。標準仕様では、SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-Uは N 対 N で接続可能である。例えば、災害や輻輳を考慮しSGW-C/PGW-Cを冗長化して分散配備しておくことで、あるSGW-C/PGW-Cが障害中であっても他のSGW-C/PGW-CからSGW-U/PGW-Uを選択することが可能になるためリソースを有効活用可能である。

CUPS導入により、SGW-C/PGW-CはeNB/gNBと接続しないアーキテクチャとなる。このため伝送距離や接続可能なeNB/gNB数などの考慮が不要となる利点がある。また、地理的考慮が不要になり集中管理が実現できることから、拠点数の削減に伴う

保守効率化も期待できる。

SGW-U/PGW-Uは、収容するサービスの要件やロケーションなどに応じて配備していくことが可能になる。例えば、低遅延データ通信サービス向けに装置を全国に細かく多数配置する考え方や、都市部のような人口が多く高速・大容量通信が求められる場所に、高性能なSGW-U/PGW-Uを配備するといった地域特性に応じた考え方、災害に強いサービスを実現するために、冗長度や信頼性の高い装置を配備するといったサービス要件に応じた考え方が実現できる(図3)。

(3)トラフィックルートの効率化

ここでは、CUPS導入以前のトラフィックルート効率化の考え方と課題を切り口に、CUPSを用いてどのように課題を解決可能か解説する。

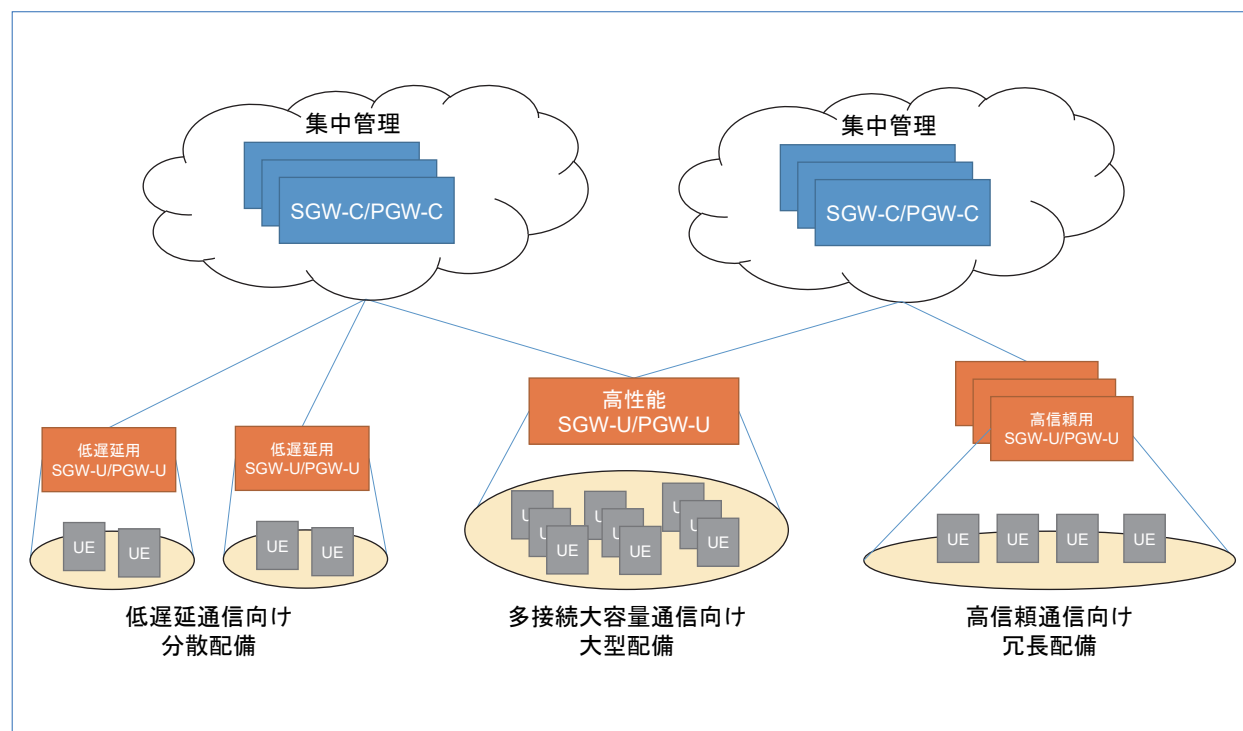


図3 CUPS導入後の装置配備の例

・CUPS導入以前の課題

CUPS導入以前のトラフィックルートの例を図4に示す。一般にEPS (Evolved Packet System)^{*35}では、Multiple-PDN (Packet Data Network)^{*36}により1UE (User Equipment) 当り複数のセッションを設定する。例として、音声サービス用のIMS (IP Multimedia Subsystem)^{*37}セッションとデータ通信サービス用のセッションという使い方が挙げられる。トラフィックルート効率化の軸として、サービス要件に応じた設備収容と伝送経路の削減の2点が挙げられる。

サービス要件に応じて装置を選択する場合、APNをキーとしてセッションに応じて異なる

PGWを複数台選択できたが、選択可能なSGWは1UE当り1台のみとなる (図4(a))。このため、サービス要件がセッションごとに異なるにもかかわらず、同一のSGW装置要件が適用されてしまう課題があった。

また、伝送経路削減を検討する場合、SGWとPGWが同一装置となるようMMEで選択することでS5参照点の経路を削減可能である。しかしSGWを1台しか選択できない制約のため、音声サービスとデータ通信サービスのS5経路削減のためには、これらを同一のSGW/PGWに収容する必要がある (図4(b))。その結果、PGWはサービス要件に応じて異なる装置に収容できるにもかかわらず、同一装置に収容する

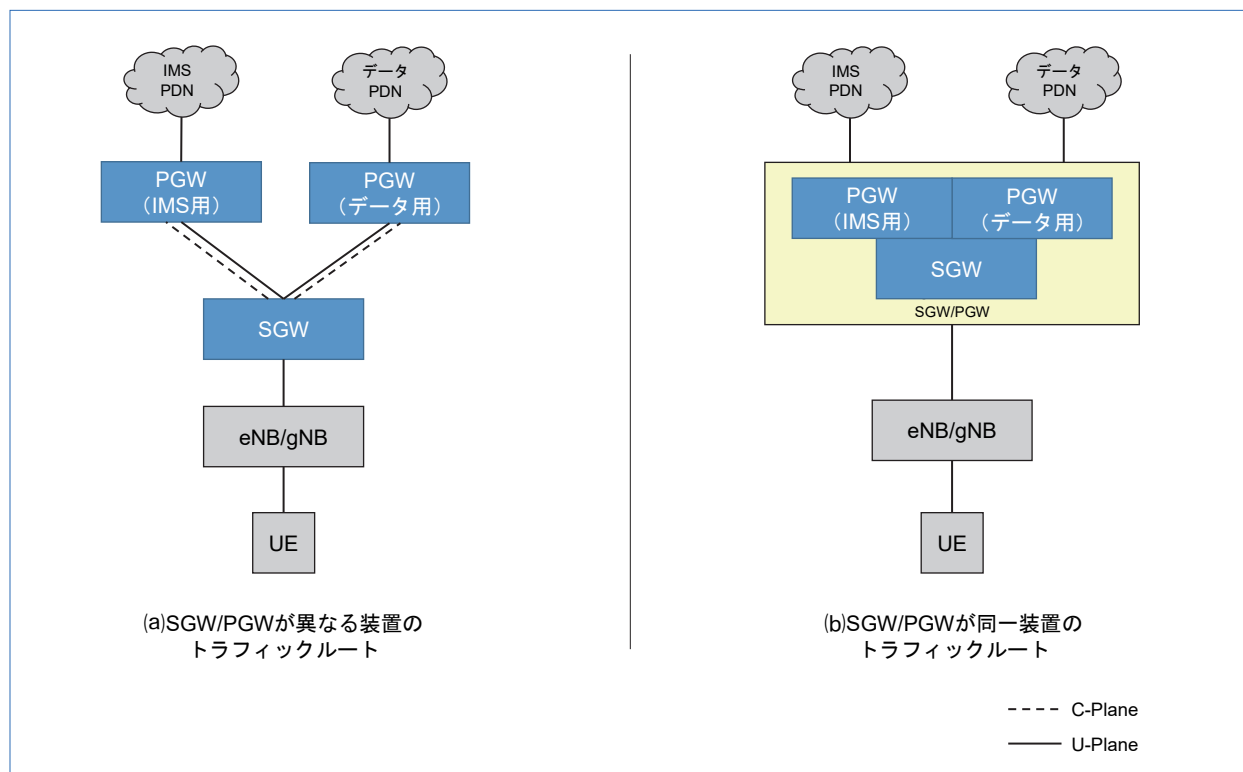


図4 CUPS導入以前のトラフィックルートの例

- ^{*35} EPS：LTEおよび他のアクセス技術向けに3GPPで規定された、IPベースのパケットネットワークの総称。
^{*36} PDN：モバイルコアネットワークが接続する外部のパケットネットワーク。
^{*37} IMS：パケット通信ネットワーク上で、音声通信を始めとしたマルチメディアサービスを提供するために標準化されたシステム。

必要が生まれる課題があった。

このようにCUPS導入以前では、サービス要件に応じた設備収容と伝送経路の削減の両立が困難であった。

・CUPS導入後のトラフィックルート効率化

CUPS導入後のトラフィックルートの例を図5に示す。CUPS導入後ではSGW-U/PGW-Uをセッション単位に選択することが可能であり、サービス要件に応じた設備構築が可能になる。

SGW-CとPGW-Cが異なる装置として選択された場合、それらがSGW-Uの選択規定およびPGW-Uの選択規定に応じてSGW-U/PGW-Uを決定する(図5(a))。しかし、現在の標準仕様ではSGW-Uの選択時にAPNを使用できない規定

となっているため、適切な装置を用いてトラフィックルートを構築できない懸念がある。例えば、信頼性の要件が高い音声サービスと、低遅延が要求されるデータ通信サービスを1UEに同時提供する場合、音声サービスを信頼性の高い装置に収容し、低遅延データ通信サービスを伝送距離が短くなる装置に収容しルートを構築することが理想となる。しかし、APNに応じてSGW-Uを選択できない場合、音声サービス向けのSGW-Uを用いて、低遅延データ通信サービス用のトラフィックルートを構築してしまう懸念がある。

この課題は、SGW-CとPGW-CがCombined SGW-C/PGW-Cの組合せとなるよう選択すること

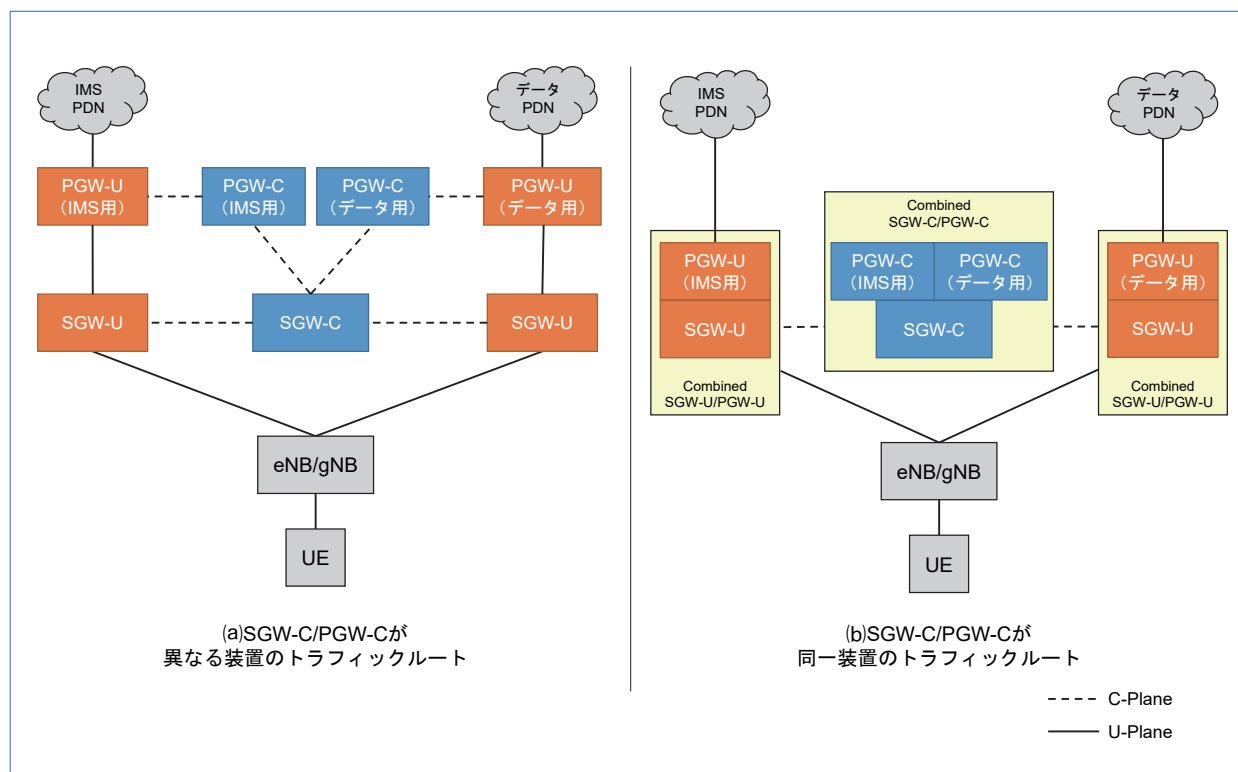


図5 CUPS導入後のトラフィックルートの例

とで解決可能である。SGW-C/PGW-Cを、地理的考慮が不要になる特性を活かして集中配備し、SGW-CとPGW-CがCombined SGW-C/PGW-CとなるようMMEで選択を行う(図5(b))。それらが選択された場合、SGW-U/PGW-UがCombined SGW-U/PGW-Uとして制御可能になるため、SGW-U/PGW-Uの選択パラメータにPGW-Uの選択規定が適用可能となる。その結果として、SGW-UがAPNに応じて選択される。伝送経路観点では、CUPS導入以前と同様にCombined SGW-U/PGW-UにおいてS5-U参照点の経路を削減可能である。さらにSGW-U/PGW-UをeNB/gNBに近い位置に配置することで、S1-U参照点の伝送距離削減も可能である。

3.2 SGW-U/PGW-Uの拡充

(1)CUPSに伴うコアネットワークの発展

SGW/PGWは、eNB/gNBやMME、PCRFなどのさまざまな装置と対向している。SGW/PGWのバリエーションを増やす場合、既設装置と対向するための技術検討範囲が多岐にわたることから困難であった。CUPS導入後は、C-Planeに関する影響をSGW-C/PGW-Cで閉じることが可能なため、CUPS導入以前よりもSGW-U/PGW-Uの対向先は限定的となる。これにより、SGW-U/PGW-Uのバリエーションを増やすことが容易になる。新しいSGW-U/PGW-Uを導入する場合、オペレータ既設のSGW-C/PGW-Cから制御が可能であれば、その他はU-Planeに関する検討のみとなることから、導入の敷居が下がる利点がある。加えてSGW-U/PGW-U自体の発展が期待できる。例えば、イベント会場向けに多数端末同時接続に適した製品や、低遅延サービス向け分散配置用の低コスト製品など、求められるサービスレベルや設備要件に応じたSGW-U/PGW-

Uを提供できるようになる。オペレータはユースケースに応じたSGW-U/PGW-Uを導入することで、柔軟なコアネットワークを展開することが可能になる。

(2)装置拡充における注意事項

SGW-U/PGW-Uの拡充を図るためには、SGW-C/PGW-Cとの相互接続性を考慮する必要がある。PFCPではSGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-U間の機能分担を明確に規定しているが、一部機能においては両者どちらで実装してもよい規定となっており、オペレータにおいて採用する方式の評価が必要である。

相互接続性において評価が必要な例として、End markerを解説する。End markerはハンドオーバーに伴う経路切替え時に、旧経路に対して転送パケットの終了を通知する機能である。標準仕様上、End markerはSGW-C/PGW-Cが生成する規定となっており、SGW-U/PGW-Uによる生成はオプションとして規定されている。しかし、両者を比較すると、後者のSGW-U/PGW-Uによる生成が適していると考えられる。信号量に着目すると、SGW-C/PGW-Cが生成する方式では、ハンドオーバー制御とは別にEnd markerの送信手順が必要になるが、SGW-U/PGW-Uが生成する方式では、ハンドオーバー制御の中でEnd marker送信指示を行うことから信号量が増加しない。加えて、SGW-C/PGW-Cによる方式では、SGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-U間でEnd marker転送用の独立したセッションを確立する必要があり、独立セッションの相互接続に関する技術検討が必要である。これらの理由により、End markerにおいてはSGW-U/PGW-Uが生成する規定が優れていると考えられる。このように、オプションの方式を採用するケースが存在することから、SGW-U/PGW-Uのバリエーション拡充を図る際は

注意が必要である。

Release 17では、前述のEnd markerを含むSGW-C/PGW-CとSGW-U/PGW-U両者が実施可能な機能について改めて議論が行われ、推奨する方式が明確化された。ドコモにおいても、推奨する規定に追従していきSGW-U/PGW-Uのバリエーション拡充に努めていく予定である。

4. 5Gインターワークに向けた発展

5G SA方式の商用化に向けて、現在導入を進めている5GC (5th Generation Core network)^{*38}では、EPCと同様にCUPSアーキテクチャが採用されている。EPCとの相互接続においては、EPCのPGW-C

機能を、5GCのSMF (Session Management Function)^{*39}とPGW-Cを結合し双方の機能を兼ね備えた単一装置であるSMF+PGW-Cが具備し、同様にEPCのPGW-U機能を、5GCのUPF (User Plane Function)^{*40}とPGW-Uを結合し単一装置としたUPF+PGW-Uが具備する(図6) [7]。

SMF+PGW-Cは、前述したPFCPを用いてUPF+PGW-Uを制御するため、EPCのCUPSアーキテクチャとの類似性が高い。5GC導入に先行してEPCへのCUPSアーキテクチャ適用を進めることができれば、EPCから5GCへのシームレスな移行が期待できる。具体的には、SGW-CとSGW-Uの機能をそれぞれSMF+PGW-CとUPF+PGW-Uに具備させることができれば、SGW-CとSGW-Uのいずれかまたは両

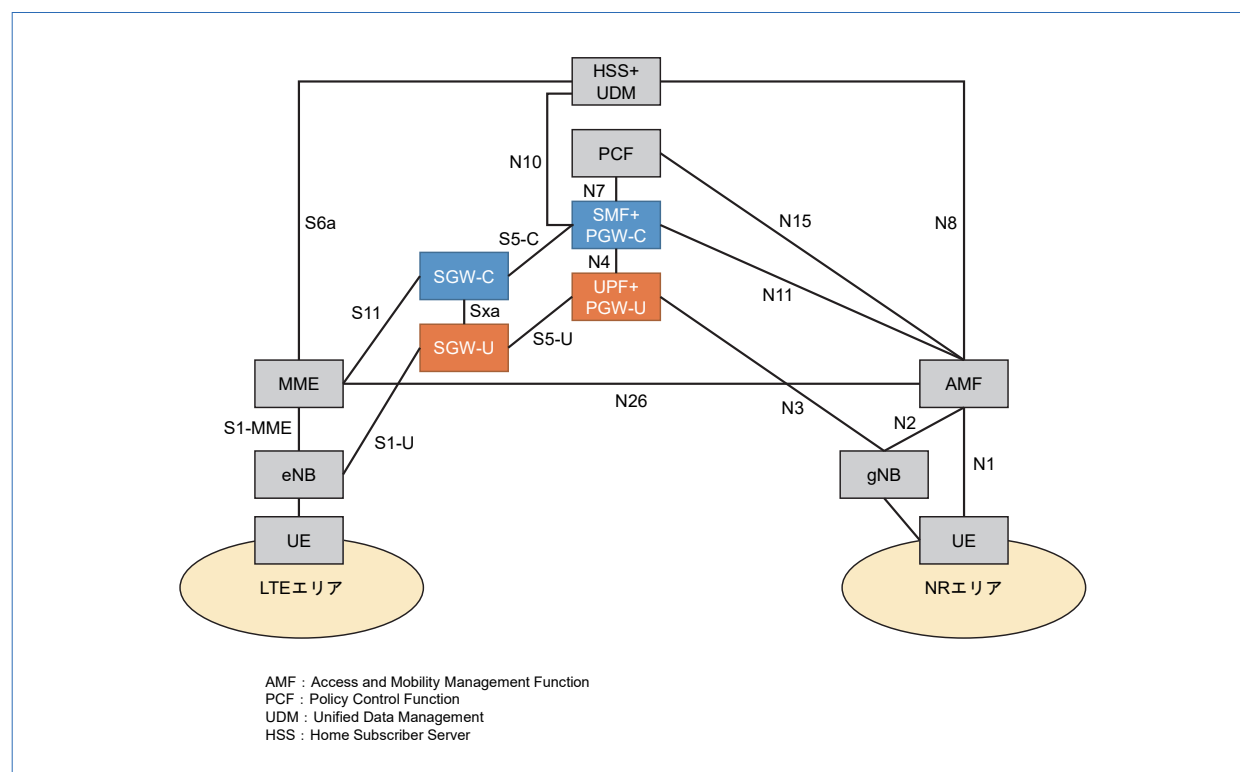


図6 EPC-5GCインターワークにおけるSMF+PGW-C, UPF+PGW-Uの導入

^{*38} 5GC : 3GPPで規定された第5世代移動通信システムにおけるコアネットワーク。

^{*39} SMF : 5GCにおいてセッションを管理する機能部。EPCにおけるSGW-C/PGW-Cに相当する。

^{*40} UPF : 5GCにおいてU-Planeを中継・終端する機能部。EPCにおけるSGW-U/PGW-Uに相当する。

方を、段階的に5GCに巻き取っていく移行計画を検討できる。

5. あとがき

本稿では、モバイルコアネットワークにおけるCUPSアーキテクチャ、CUPSアーキテクチャでの制御方式、制御プロトコルPFCP、多様なSGW-U/PGW-Uをユースケースに応じて柔軟に選べるGW選択方式について解説し、CUPS導入によって得られるモバイルオペレータとユーザ双方の利点を紹介した。

ドコモでは、5G NSAの導入により増大するトラフィックの柔軟かつ最適な収容と、まもなく導入される5GCとの円滑な相互接続の実現のため、EPCへのCUPSアーキテクチャの適用を進めてきた。今後は、SGW-U/PGW-U装置のバリエーション拡充、5GCネットワークの導入と発展を進めていく予定である。

文 献

- [1] 寒河江, ほか: “5Gネットワーク,” 本誌, Vol.28, No.2, pp.24-38, Jul. 2020.
- [2] 遠藤, ほか: “5Gプレサービス概要,” 本誌, Vol.27, No.3, pp.6-10, Oct. 2019.
- [3] 古城, ほか: “5G商用サービス概要,” 本誌, Vol.28, No.1, pp.6-10, Apr. 2020.
- [4] 3GPP TS23.401 V15.12.0: “General Packet Radio Service (GPRS) enhancements for Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) access,” Sep. 2020.
- [5] 3GPP TS23.214 V15.5.0: “Architecture enhancements for control and user plane separation of EPC nodes; Stage 2,” Dec. 2018.
- [6] 3GPP TS29.244 V15.10.0: “Interface between the Control Plane and the User Plane nodes,” Sep. 2020.
- [7] 3GPP TS23.501 V15.12.0: “System architecture for the 5G System (5GS),” Dec. 2020.