

3GPP Release 16における 5Gコアネットワークの高度化技術 の概要

ネットワーク開発部 あおやぎ けんいちろう 青柳 健一郎 いしかわ ひろし 石川 寛
みのくち あつし 巳之口 淳

近年、国内外の通信事業者により急速に進められている5Gの導入は、当初はNRをLTEと併用して提供するノンスタンドアローン構成が中心である。一方、NRを単独で提供するスタンドアローン構成を実現し、かつネットワークスライシングなどの新しい技術を適用した5GCの開発も進められており、今後のコアネットワーク機能拡張は5GCを中心に議論される事が見込まれる。

本稿では、Rel-16で規定された5GC機能の概要について解説する。

1. まえがき

3GPP (3rd Generation Partnership Project) Release 15 (以下、Rel-15) で規定された5GC (5G Core network) は、第5世代移動通信システム (5G) において、NR (New Radio)^{*1}をスタンドアローン^{*2}で提供し、ネットワークスライシング^{*3}など、新たな通信技術が適用されたコアネットワーク^{*4}である [1]。3GPP Rel-16ではこの5GCを主なターゲットとして新たな機能を導入、またネットワークスライシングなどの5GC基盤機能拡充、第4世代移動通信システム (LTE) で提供された各種サービスへの追従など、さらなる高度化が行われている。本稿

ではこれらRel-16で規定された5GC機能の概要について解説する。

2. 3GPP Rel-16 5GC技術概要

2.1 新たに導入された機能

(1) Vertical LAN

Vertical LANは、パーティカルドメインと呼ばれる同種の製品やサービスの開発や生産、提供を行う産業や企業団体などに向けた、特殊な要件、サービスを実現するため、Rel-16で新しく規定されたいくつかの通信機能を適用したネットワークと位置付けられており、スマートファクトリーなどにおける

©2020 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 NR: 3GPP Release15で規定された基地局 (gNB (*40参照)) と端末 (UE) 間の無線インタフェース。

*2 スタンドアローン: 既存のLTE/LTE-AdvancedとNRをLTE-NR DCを用いて連携して運用するノンスタンドアローンに対し、NR単独で運用する形態。

IoT機器間のリアルタイム通信などを実現する機能拡張が行われている。詳細は本特集別記事を参照されたい [2]。

(2) ネットワークデータ解析機能

5Gではネットワークで取得するさまざまなデータの収集、分析を担うNWDAF (NetWork Data Analytic Function) が規定されており、Rel-16ではこのNWDAFを本格的に活用したNW自動化 (eNA: enablers for Network Automation) の議論がなされ、さまざまなユースケースを実現するための機能拡張が行われた。

図1に示すようにNWDAFは、5GC内の各NF (Network Function)^{*5}とSBI (Service Based IF) で接続し、各NF、およびOAM (Operation, Administration and Management)^{*6}からのデータ収集、解析を行う機能を具備している。NWDAFによる解析結果は、通信事業者による各種オペレーションへの活用や各NFが直接参照し通信制御に用いる事や、NEF (Network Exposure Function)^{*7}を介して外部のアプリケーションなどがAPI (Application

Programming Interface)^{*8}を通じて参照する事も可能となる。

Rel-16で規定されたNWDAFで提供される解析項目を表1に示す。ユースケースとして、例えば端末の在圏情報やトラフィックデータなどから、在圏管理、最適なU-Plane (User Data Plane)^{*9}ルートを選択といったネットワーク最適化への活用や、特異な挙動を示す端末を分析し、必要な対策を施すといったオペレーションなどが挙げられる。また特定エリア、時間帯における通信品質を予測すること (Predictive QoS) により、例えば自動運転を提供する上で重要な低遅延、高画質な映像などのデータ伝送に十分な通信帯域を確保できるかといった、コネクテッドカーのオペレーションへの応用も期待されている。

2.2 5GC基盤機能の拡充

(1) SBAの拡張

5GCではSBA (Service Based Architecture)^{*10}を採用し、NF間はAPIを通じて通信するアーキテ

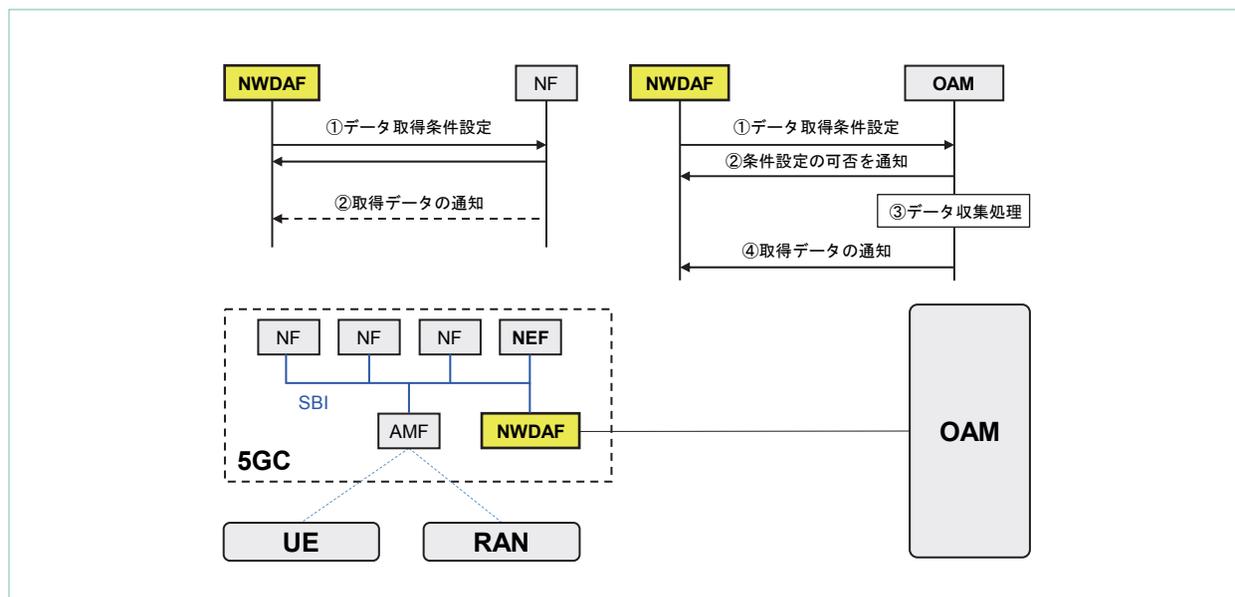


図1 NWDAFを用いたネットワーク構成

*3 ネットワークスライシング：ネットワークのさまざまな通信リソースを用途に応じて分割し、スライスごとにさまざまな要件を満たす通信サービスを提供する機能であり、5GCに導入されている。

*4 コアネットワーク：交換機、加入者情報管理装置などで構成されるネットワーク。移動端末は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。

*5 NF：5GCアーキテクチャでは、従来のネットワーク装置単位の構成から機能単位の構成に見直され、個々のネットワーク機能を識別する論理的な単位。

*6 OAM：ネットワークにおける保守運用管理機能。

クチャになった。各NFは複数のNF ServiceのAPIを提供しNFの処理を行う。UDM (Unified Data Management)*11を例にとれば、UDMがNF Serviceを提供する側のNF Producerとして、AMFなどのNF Serviceを利用する側のNF Consumerに対してSubscriber Data Management Serviceで加入者情報を提供し、UE Context Management Serviceで

表1 NWDAAFの解析項目

Analytics ID	解析内容
load level information	ネットワークスライスの輻輳レベル解析
Service Experience	サービスエクスペリエンスに関する解析
NF load information	NFの負荷に関する情報
Network Performance	ネットワークパフォーマンスに関する情報
UE Mobility UE Communication Abnormal behaviour	移動機の移動や通信に関する解析。および特異な挙動を示す端末の特定
User Data Congestion	ユーザデータの混雑具合に関する情報
QoS Sustainability	QoS (サービス品質) の持続性

AMF (Access and Mobility Management Function)*12におけるUEの状態の取得・登録・削除・変更を行う、といった形で個別処理を各Serviceで実現する。

Rel-15で導入されたSBAではあるが、下記の課題も指摘された。

- ・あくまでNF間の信号を対象にして最適化しているため、NF内部では柔軟な運用が行えず、NF全体の拡張性に乏しい。
- ・NFの追加・更新・計画削除・障害発生時の代替機能選択は、専用の仕様を策定したAMF以外のNFでは実現できない。

その解決として、Service Framework*13の見直しと、高度な処理の実現にむけて検討が行われた。まずService Frameworkの見直しとして、これまでDirect方式として直接NF間で通信する前提で構成されていたNF Discovery*14、NF Registration*15、Authorization*16を間接的に行う仕組み (Indirect方式)として、SCP (Service Communication Proxy)*17の導入を行った (図2, 3)。具体的には、SCPの導入により従来NF Consumerが行っていたNF Discovery

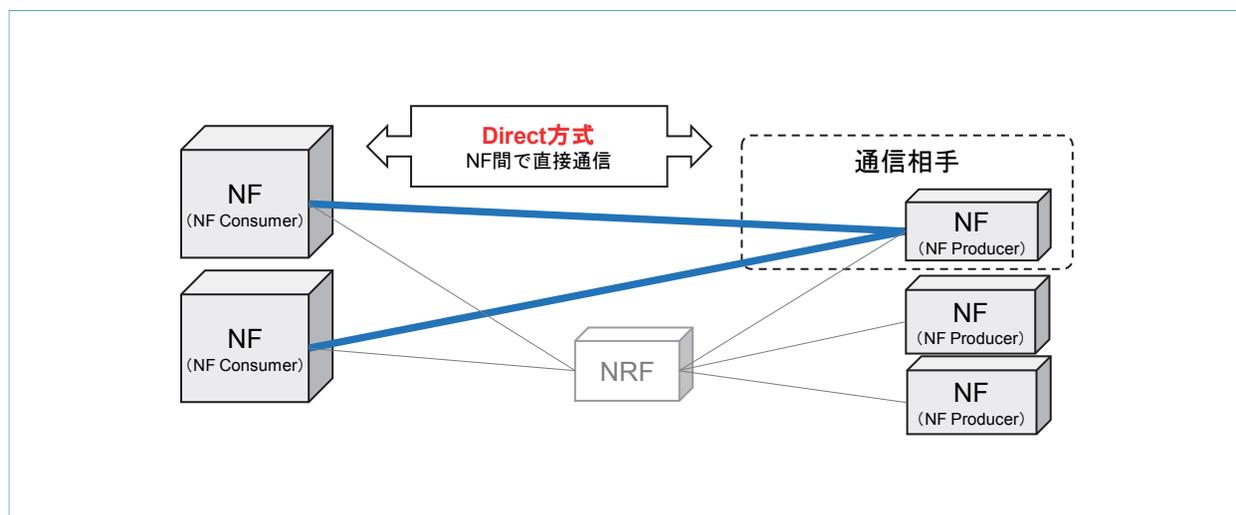


図2 Direct方式イメージ

*7 NEF: 5GC外のアプリケーションなどから、5GC内の情報取得や、5GC内の制御を実施するためのAPIを提供するNF。
*8 API: 5GCの装置間で互いにやりとりするのに使用するインタフェースの仕様。
*9 U-Plane: 端末とネットワークの間でユーザデータを転送するための通信経路。

*10 SBA: 5GCで採用されているネットワークアーキテクチャで、ネットワーク機能群ごとにNFを定義し、各NF間は統一的なSBIを介して、相互にサービスを利用する。
*11 UDM: 5GCにおける加入者データ、移動機の在圏情報、セッション情報などの格納や情報提供を行う情報管理装置。
*12 AMF: 5GCにおけるUEの在圏収容装置。

をSCPが代行する（Delegated Discovery）ことが可能になるほか、信号のRouting処理をSCPに任せすることで、NF Consumerの簡素化を実現した。

高度な処理の実現として、NF Setの概念を導入した（図4）。NF ServiceあるいはNFは各々Instanceとして動作しているが、NF Service InstanceやNF Instanceの処理を他のInstanceがカバーできる仕組みを取り入れ、同じSetに含まれるInstance同士で

あればそれまでの処理に何ら影響を与えることなく継続できるようにした。

これらにより、信号処理方法の最適化、同じNF Serviceを提供する複数のInstance間で処理を分担・継続して処理を行うことができるようになり、効率化ができるようになった。

(2)加入者情報収容装置構成の拡充

5GC - EPC間におけるユーザーデータ連携の実現

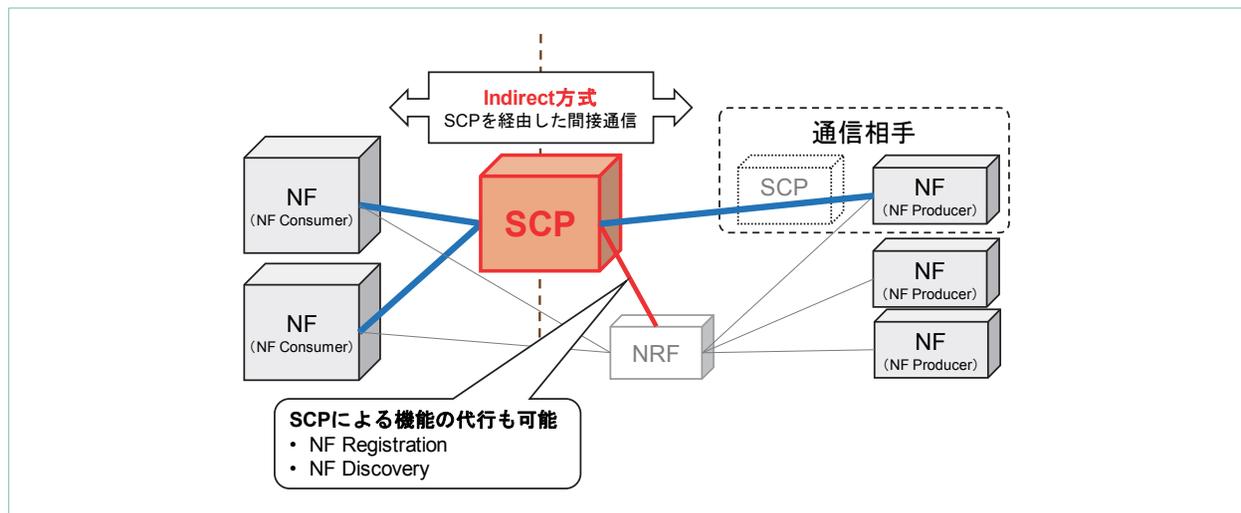


図3 Indirect方式（SCP利用）イメージ

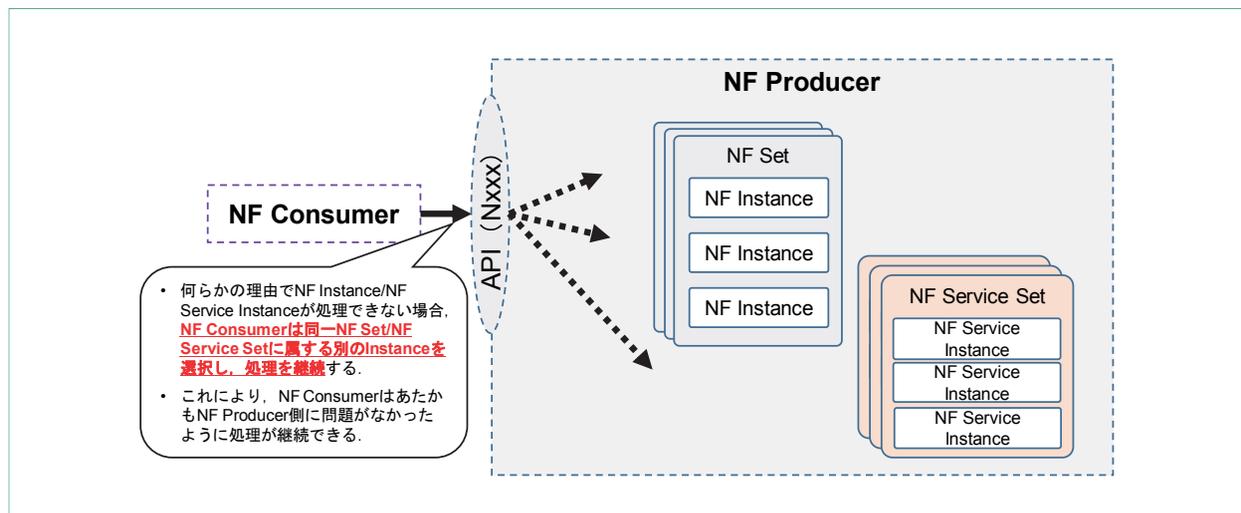


図4 NF Setイメージ

- * 13 Service Framework：5GCでServiceとして各NFが機能を提供する仕組み。
- * 14 NF Discovery：NFと、NFが提供するServiceを発見する仕組み。NF Serviceの使用に先立ち行われる。
- * 15 NF Registration：NFが提供するServiceの登録手順。
- * 16 Authorization：NFが提供するServiceの利用を許可する認可制御。

- * 17 SCP：NF間が直接通信する代わりに信号の中継を行う装置。信号のRoutingのほか、サービスの発見を行うこともある。

アーキテクチャイメージを図5に示す。

加入者情報収容装置は、EPC (Evolved Packet Core)^{*18}ではHSS (Home Subscriber Service)^{*19}、5GCではUDMが規定されている。さらに、これらの装置には各々必要な情報をレポジトリ^{*20}に格納できるように設計されている。5GCでは、レポジトリをUDR (User Data Repository)^{*21}としてNFが仕様化されており、UDMとUDRを標準規定のAPIを通じて連携するよう規定されている。

HSSとUDMはいずれも各々のEPCと5GCとの接続を考慮した設計になっているが、実質UDMとHSSが統合装置である前提で進められたRel-15の仕様では、相互間での連携が明確には規定されていなかった。そのため、HSSとUDMが独立の装置で実装される際、HSSの情報を5GCの各装置が、またはUDM/UDRの情報をEPC各装置がアクセスする場合、連携方法の規定がなかった。

そこで、UDMとHSSの連携を実現させるために、HSSのSBIを新たに規定した (Nhss)。また、UDMのAPIであるNudmに対してHSSがSBI経由でアクセスできるようにした。これによりUDMがHSS側

で保持している情報への、またHSSがUDM側で保持している情報へのアクセスを可能にした。

(3)U-Plane構成の拡充

SMF (Session Management Function) はPDU (Protocol Data Unit)^{*22} Sessionを管理する装置として、DN (Data Network)^{*23}とN6^{*24}経由で接続されるUPF (User Plane Function)^{*25}との間を、N4^{*26}経由で管理する。

また、UPFは多段構成で (R) AN (Radio Access Network) とDNの間に配置できる構成になっている。途中に入るUPFをI-UPF (Intermediary UPF)、N6と接続するPDU Sessionの最終点となるUPFをPSA-UPF (PDU Session Anchor UPF) と呼ぶが、I-UPFを制御するSMFをどうやって割り当てるか、どうPSA-UPFを管理するSMFと連携させるかなどが課題であった (図6)。

例えば、SMFが特定の地域のUPFを管理する設計がなされていて、UEが当初接続していたSMFとUPFの管理するエリアを超えて移動した場合や、UPFが異なるPLMN (Public Land Mobile Network)^{*27}に移動した場合のI-SMFの新規割当てや

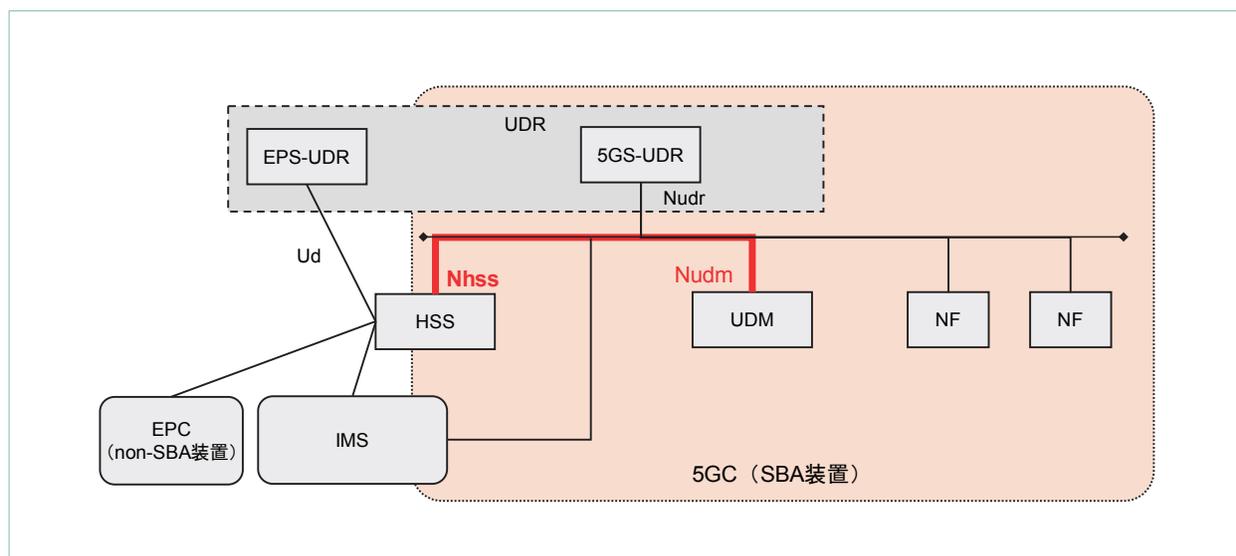


図5 5GC - EPC間におけるユーザデータ連携の実現アーキテクチャイメージ

*18 EPC：3GPP移動通信網における主にE-UTRAを収容するコアネットワーク。

*19 HSS：3GPP移動通信ネットワークにおける加入者情報データベースであり、認証情報および在圏情報の管理を行う。

*20 レポジトリ：加入者情報や在圏情報など、アプリケーションやシステムの設定情報をまとめて記録するシステム。

*21 UDR：5GCにおけるレポジトリ。

*22 PDU：プロトコルレイヤ・サブレイヤが処理するデータの単位。

*23 DN：5GCが接続するISPや企業網などの利用者のデータネットワーク。

*24 N6：UPF (*25参照) とDNの間の参照点。

AMFとSMFの連携方法が明確でない。

また、SMFが企業網*28にある場合、マクロ網*29にあるI-UPFの管理を行うSMFが明確でなかったことから、そこで、Rel-16にてAMFへの動作を新たに規定した。Mobility change*30やService Request*31が行われた際などに、AMFはSMFの選択にあたりI-SMFの必要有無を判断する。具体的には、AMFはNRF (Network Repository Function)*32を通じ

てSMFのServicing Areaを把握し、直前のI-SMF, A-SMF (Anchor SMF), UEの位置に基づき、新たなI-SMFを選択するべきかを判断する。新たなI-SMF経由でPDU Sessionを再確立することでA-SMFが管理するService Area以外からのPDU Sessionの継続を可能とする (図7)。

(4)NF間ロードバランス機能の拡充

5GCにおいて、NFの状態などに応じたテレコム

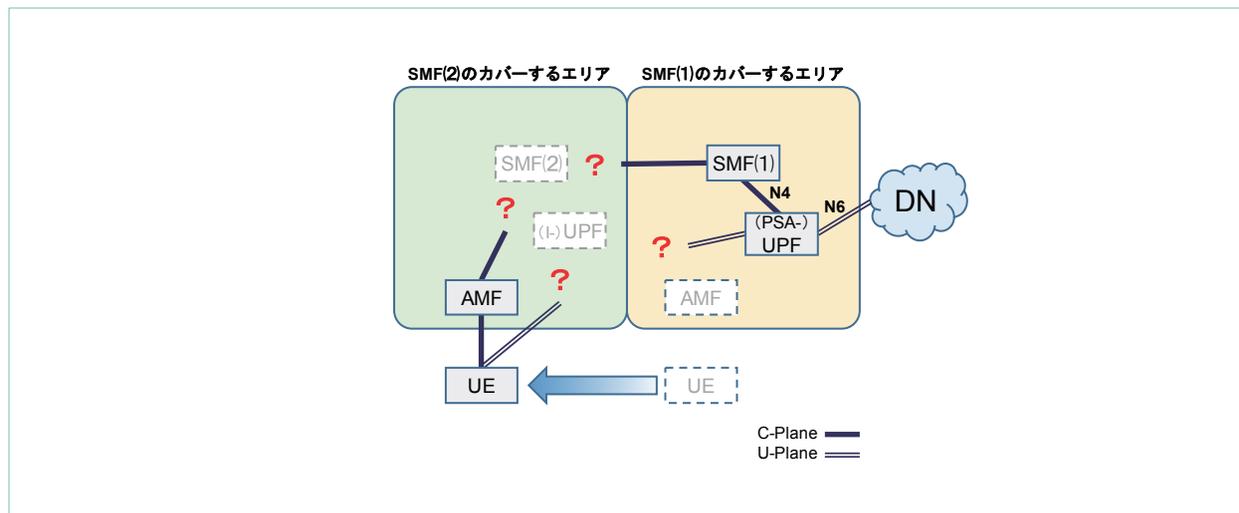


図6 AMFとSMFの制御できるエリアが異なる場合、直接C-Planeを接続できず制御ができない

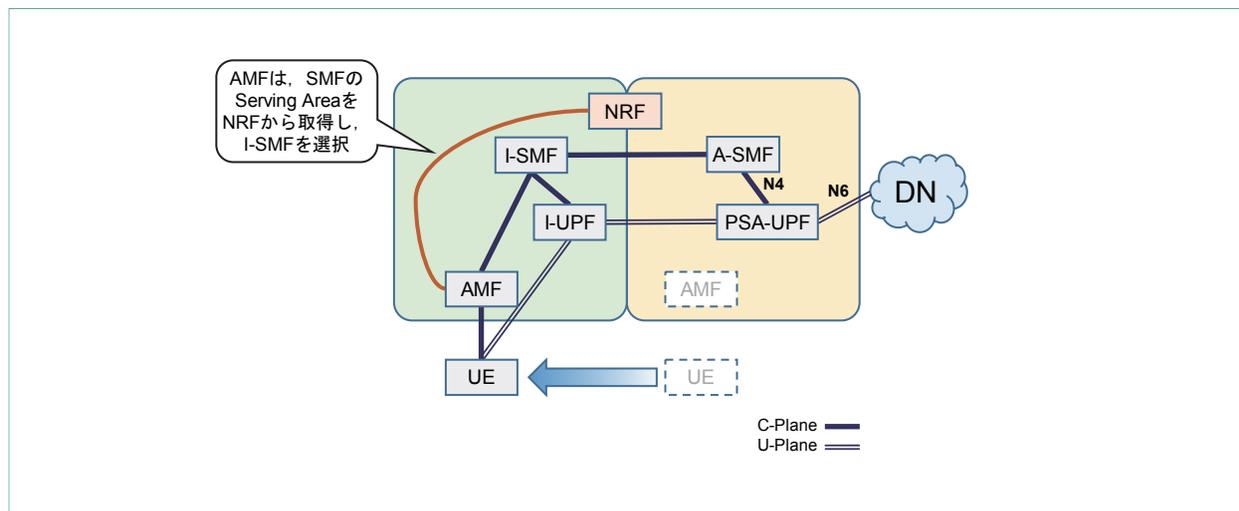


図7 Serving Area内のI-SMF/I-UPFの選択による、異なるエリアのAMFと(A-)SMFでの接続を実現

*25 UPF：5GCでPDU sessionのU-Planeを中継・終端する装置。

*26 N4：SMFとUPFの間の参照点。

*27 PLMN：移动通信システムを用いたサービスを提供するオペレータのこと。

*28 企業網：5GCにおける特定の利用者・用途に限定したネットワーク。

*29 マクロ網：5GCにおける公衆ユーザを対象としたネットワーク。

*30 Mobility change：5GCのAMFが収容するエリアをまたがった移動のこと。

*31 Service Request：無線が一時的に切断されていた通信の復旧手順。

のオペレーションを実現するための負荷情報通知と過負荷制御が行われている。

Rel-15では、負荷情報はNRFを経由した配信を行い、過負荷情報は使用するHTTP (HyperText Transfer Protocol) で標準的に採用されるResponse codeを使用するものであった。しかし、前者はNRF経由で即時性の問題があり、後者はHTTPのResponse codeの情報だけでは適切な輻輳^{*33}制御ができない課題があった。そのため、より正確でリアルタイムなNF Producer^{*34}の負荷情報や過負荷状態を通知可能にするべく、後述のCustom headerを用いてNF Producerからの応答信号内へ必要な情報を含める形で、直接NF Consumer^{*35}へ通知する仕組みが採用された。

負荷情報については、新たにSBAで使用するべく3GPPがCustom header (3gpp-Sbi-Lciヘッダ) を独自に規定し、NF ProducerからNF Consumerへ

通知を行うことを可能にした。これにより、NF Consumerでは取得した値からその後の判断 (安定した通信を目的に代替NF Producerを再選択するなど) を可能とした (図8)。

過負荷情報も同様に、別の新規Custom headerを追加し、通常のHTTPのエラー応答に加え追加の情報を送ることを可能にした。これによりHTTP応答コードだけでは判断できない追加の情報をNF Consumerは把握することが可能になり、ネットワーク全体として負荷分散を促す仕組みとなる (図9)。

(5) ネットワークスライシング拡張

5GCの特徴技術の1つであるネットワークスライス [1] は、ネットワークリソースを分割し柔軟なネットワーク構築、最適化を実現し、高速・大容量や多数端末接続などの多様な性能要件を1つのコアネットワーク上で提供することができる技術である。スマートファクトリーなどの特殊な要件において

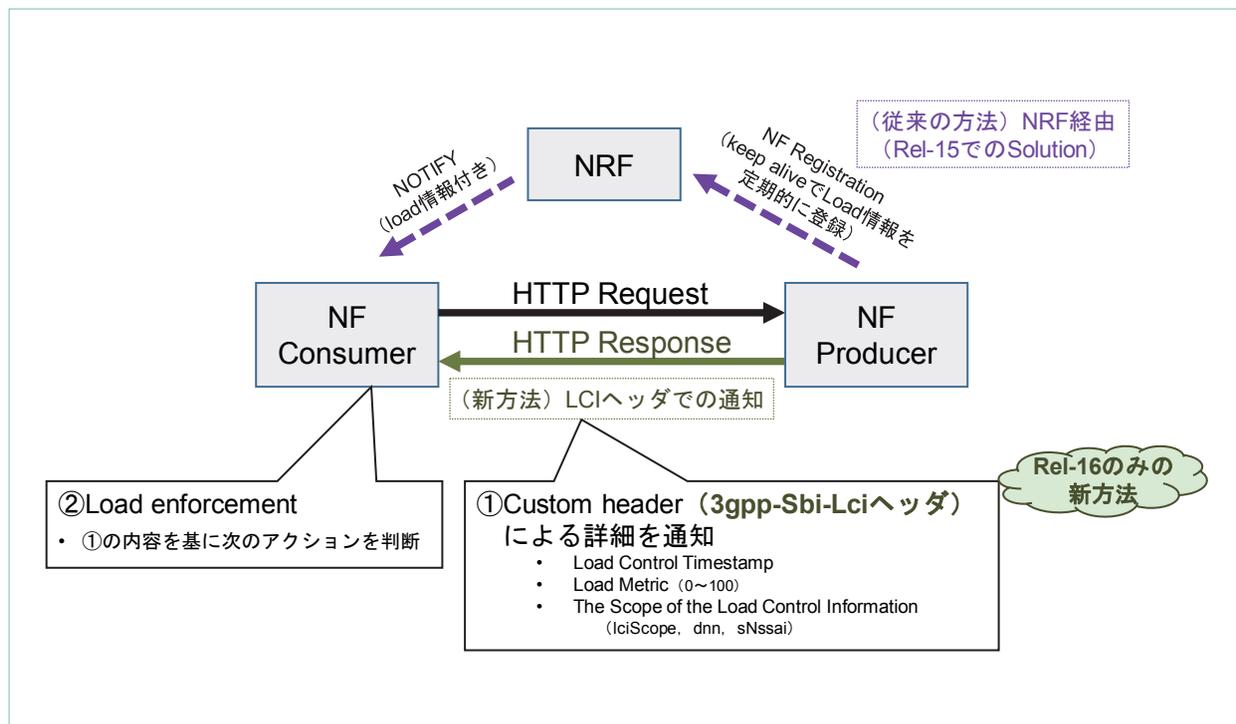


図8 負荷情報の通知方法イメージ

- *32 NRF : NF Producerの発見を実現するための登録・情報提供装置。
 *33 輻輳 : 通信の要求が短期間に集中して通信制御サーバの処理能力を超え、通信サービスの提供に支障が発生した状態。
 *34 NF Producer : NF Serviceを提供するNF。
 *35 NF Consumer : NF Serviceを利用するNF。

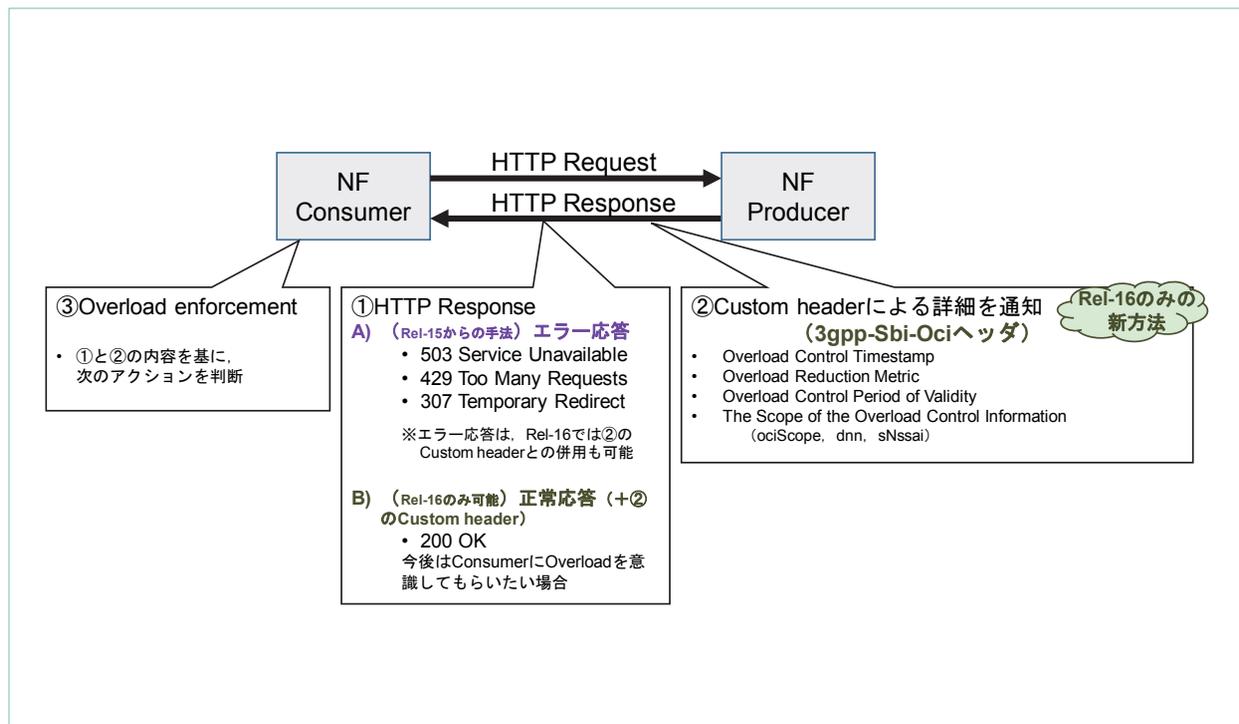


図9 過負荷情報の通知方法イメージ

ネットワークリソースを制御する手法の1つとして、このネットワークスライス機能を活用した提供方法が考えられている。この場合の通信事業者による通常の認証認可手順において、当該ネットワークスライスへの認証認可をローカル事業者もしくは個人で実施する運用形態が要望される可能性があり、Rel-16では新たにNSSAA (Network Slice-Specific Authentication and Authorization) を規定した (図10)。公衆網による認証認可手順の中で、当該ネットワークスライスに関する認証認可手順を一時的に保留し、後続の手順で当該ネットワークスライスの認証認可を行う。またこの際の認証認可はRel-16で新たに規定されたNFであるNSSAAF (Network Slice Specific Authentication and Authorization Function) にて実施する事で公衆網の認証認可サーバへの影響を軽減している。なおこの認証認可手順で用いられるID (EAP Identity) は、公衆網で設定された通

信経路によりセキュアに取得する事ができる。

2.3 各種サービスの5G対応および拡張

5GCではLTEで提供されている音声などの各種サービスに対応しているが、導入当初の5GCエリアの展開規模や、端末、ネットワーク装置開発への影響などにかんがみ、Rel-15では一部サービスにおいて、未サポート、もしくは部分的なサービスにとどまっているものがある。Rel-16ではこれらのサービスについて、少なくともLTE相当に提供できるようにした機能追従や、新たに5GCに向けた機能拡張が行われている。

(1) 位置測位サービス

5GCにおける位置情報サービスに関する機能は、Rel-15では緊急用途など一部サービスにとどまっており、LTEで提供されている各種位置測位サービス相当にはRel-16において対応することとなった。

またあわせて、5GC、EPC間のインタワーク*36機能も拡張され、5G/LTEのエリアが混在する環境においてもシームレスな位置測位サービスの提供を実現する。図11に示すように、5GCでは位置測位に

関するLMF (Location Management Function)*37が、EPCにおいて位置情報サービスを司るE-SMLC (Evolved Serving Mobile Location Centre)*38に相当する。

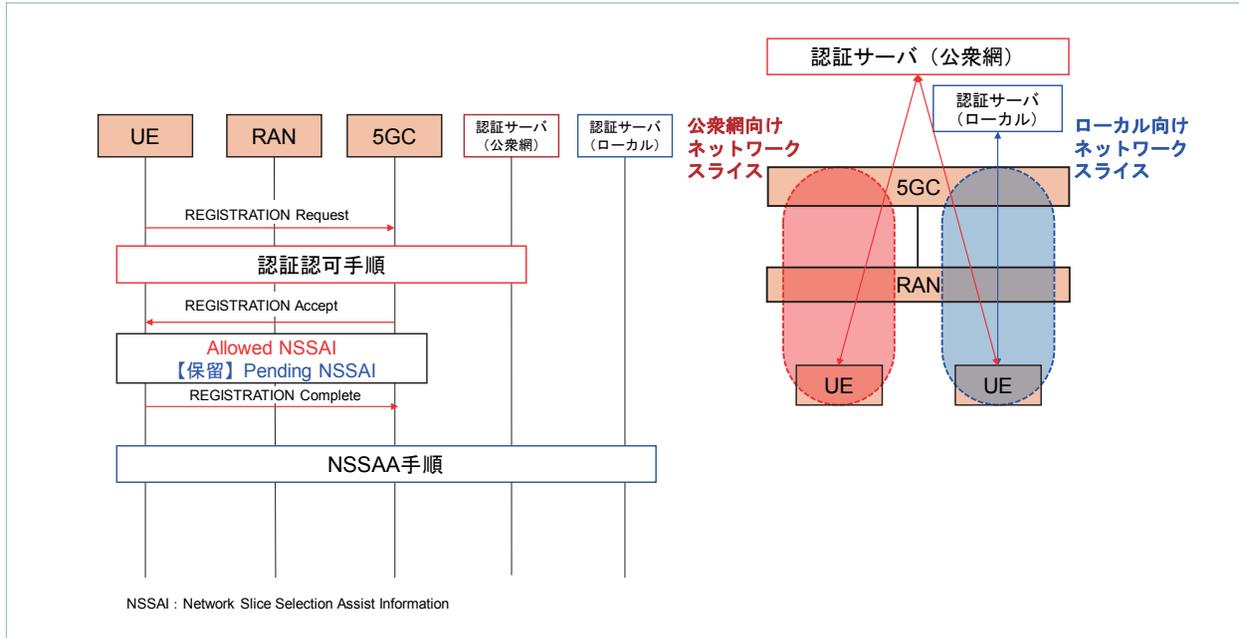


図10 NSSAAによる認証認可手順

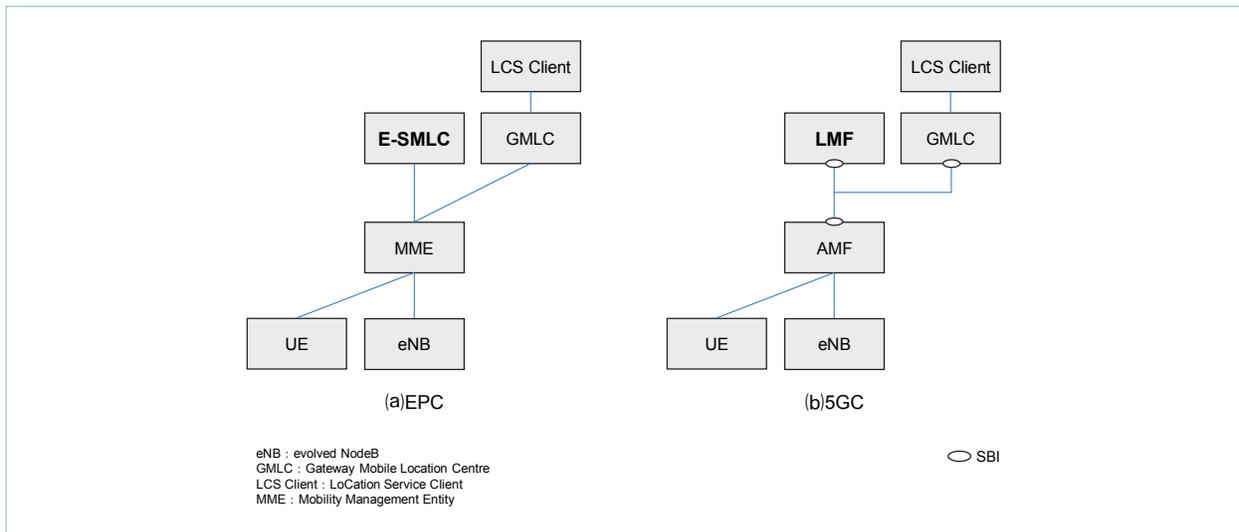


図11 EPCおよび、5GCにおける測位サービスのネットワーク構成例

*36 インタワーク：異なる通信システム間の相互動作。

*37 LMF：5GCにおいて規定された位置情報サービスに関する通信制御を担う機能 (NF)。

*38 E-SMLC：EPCにおいて規定された位置情報サービスに関する通信制御を担う装置。

なおEPCにおいてNRを提供するノンスタンドアローン^{*39}形態が規定されているが、この際のNR基地局（gNB）^{*40}における測位データをE-SMLCに通知するためのインタフェース拡張もRel-16で実施されている。

(2)5Gの音声提供方式

5GCでの音声提供はEPCを踏襲しIMS（Internet protocol Multimedia Subsystem）^{*41}を接続するアーキテクチャがRel-15よりサポートされている。Rel-15 5GCの音声提供の手法は、大きく3つの形態が規定されている（図12）。

- ①IMS over 5GS（5G System）^{*42}：5GSで待受けもしくは通信中の端末に対し、直接5GS内で音声の通信経路を設定する。
- ②EPS（Evolved Packet System）^{*43}フォールバック：5GSで待受け、もしくは通信中の端末をいったんハンドオーバー^{*44}、もしくはリダイレクション^{*45}によりLTEに接続させ、LTEにおいて音声を提供する。
- ③Dual Registration：端末側でEPC/5GCの双方

に登録、待受けを行いLTEにおいて音声を提供する。

このうち①IMS over 5GSもしくは②EPSフォールバックを提供する手順において、IMSと5GC間の制御インタフェースとしてIMS - EPC間で規定されているRx, Cx, Shが適用されるが、これらのインタフェースを5GC側の各NFに具備させる必要が生じる。また5GCではNF間の通信においてSBIを適用するSBAを1つの特徴としており、Rel-16においてこのIMSと5GCのインタフェースにも、SBIを適用するオプションが規定されている。

(3)ローミング先選択機能の拡張

SoR（Steering of Roaming）は、ローミング先で、在圏内の複数接続先事業者の中から、ホーム事業者が優先する事業者へ誘導する機能である。5GCにおいてもRel-15よりEPC相当のローミングサービスを提供する機能が規定されているが、SoRについてはRel-16において機能拡張が行われている。

一般に、ローミング先の各事業者との利用料の価

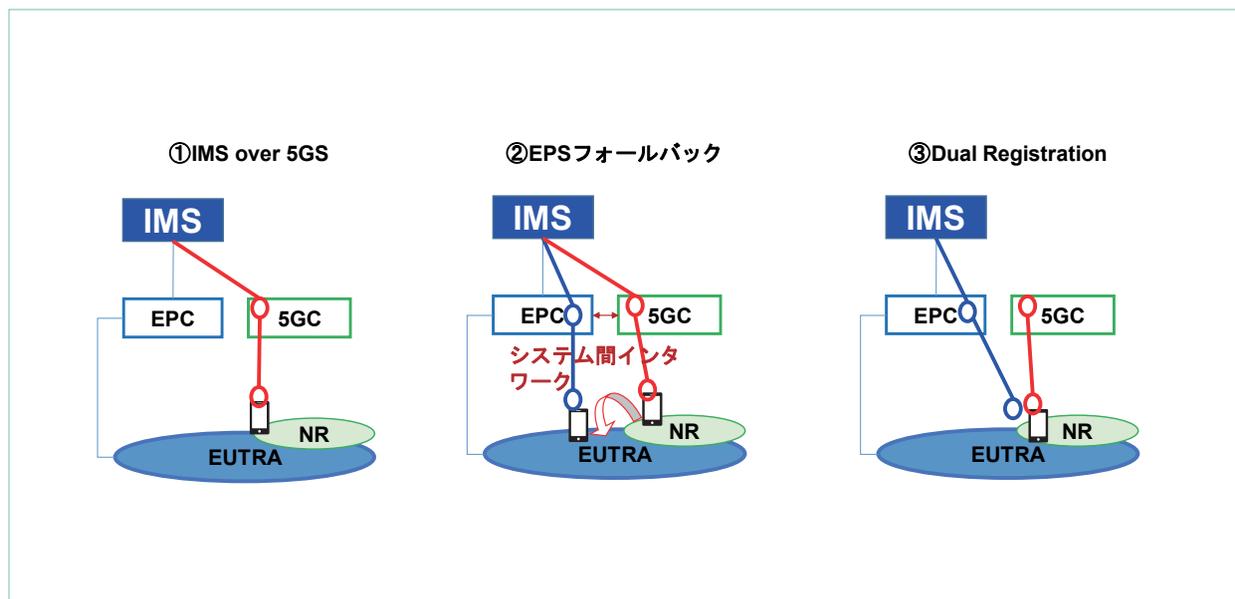


図12 Rel-15 5GCにおける音声提供構成例

*39 ノンスタンドアローン：NR単独ではエリアを提供せず、LTEのエリアと組み合わせてサービスを提供する運用形態。

*40 NR基地局（gNB）：NR無線を提供する無線基地局。

*41 IMS：3GPP移動通信網におけるIPマルチメディアサービス（VoIP（Voice over IP）、メッセージング、プレゼンスなど）を提供するサブシステム。呼制御プロトコルとしてSIP

（Session Initiation Protocol）を用いる。

*42 5GS：5GCに接続する無線アクセスネットワーク、および通信端末で構成されるネットワークシステム。

*43 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。

格交渉のために、また中継回線を含めた障害時の全断リスク分散のために複数の事業者と契約を締結するが、平時は各社との各種調整内容に応じて、ホーム事業者側の判断で全ローミングユーザ各々が在圏する通信事業者を分散させる必要があり、ホーム事業者側がユーザの在圏する事業者を制御するために

SoRを用いる。2G~EPCでは標準外を含めた方法は存在したが、ユーザ体感の低下や確実な制御ができない課題があった(図13)。5GCでは、新たにNAS(Non-Access Stratum)*46信号で優先事業者リストを通知し、移動機側で即時に優先事業者を判定・選択する機能を追加した(図14)。

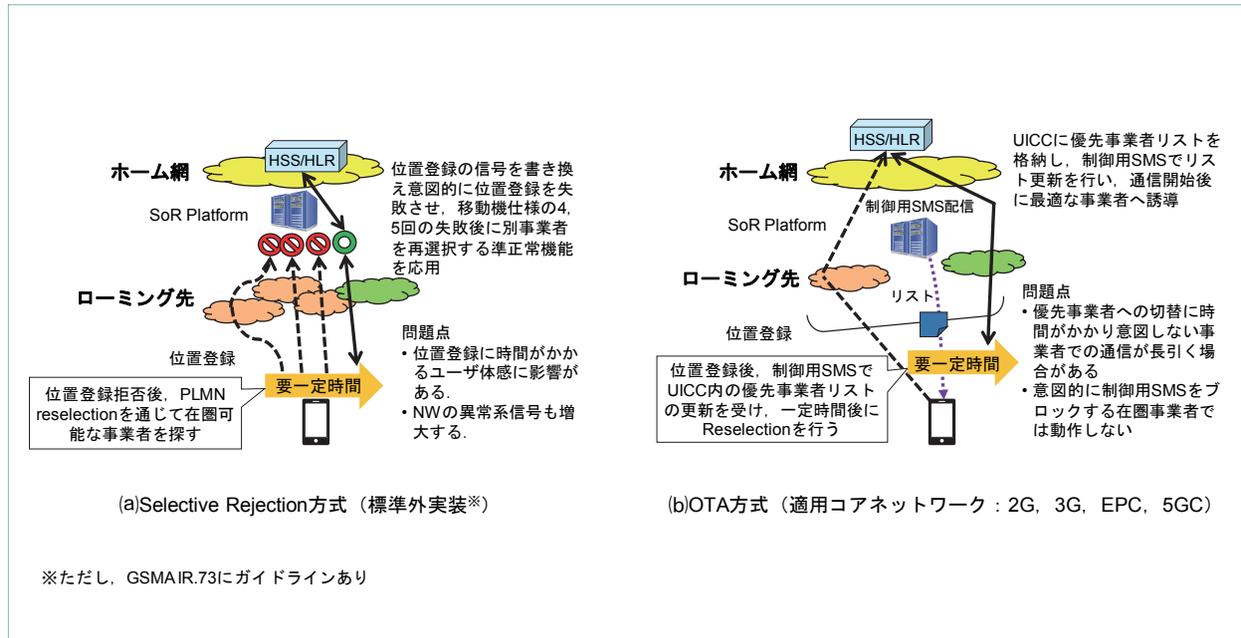
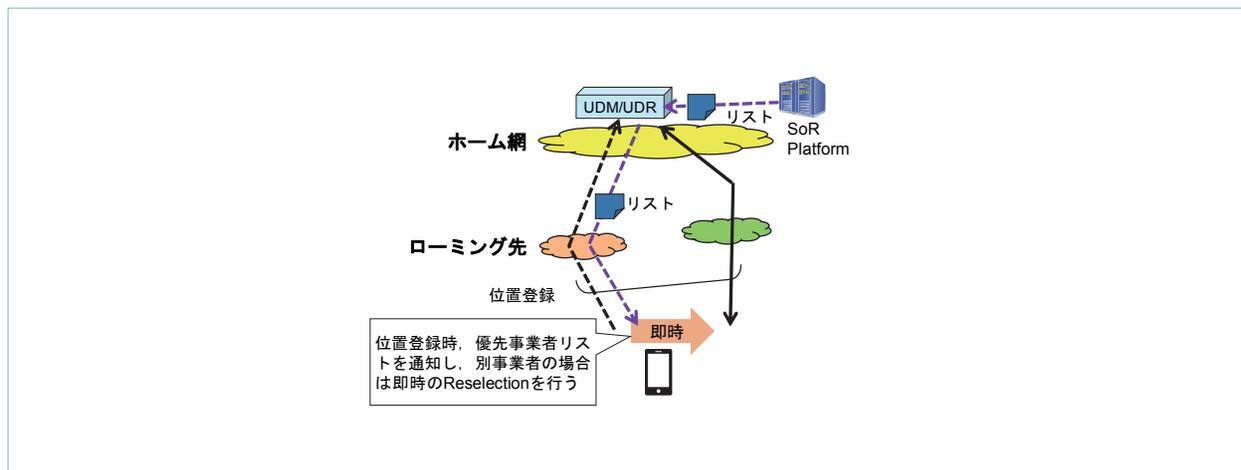


図13 既存SoRのイメージ



*44 ハンドオーバー: 端末とネットワーク間の通信を継続したまま、通信セル/基地局の切替えを行う通信技術。
 *45 リダイレクション: 端末とネットワーク間の通信を一度切断し、端末を待受け状態としたあと、端末からの再接続要求信号により接続した通信セル/基地局において通信を再開する通信技術。

*46 NAS: UEとコアネットワークとの間の機能レイヤ。

3. あとがき

本稿では、Rel-16で規定された5GCの拡張として新たに導入した機能について、5GC基盤機能の拡充、既存サービスの拡張の観点から解説した。3GPPではRel-17以降も5GCを中心としたコアネットワーク、移動通信サービスのさらなる拡張に向けた議論が進んでおり、ドコモは、3GPP標準化への寄与を通

じ、Beyond 5Gや6Gも見据えさらなるコアネットワークの発展に貢献していく。

文 献

- [1] 巳之口, ほか: “5Gコアネットワーク標準化動向,” 本誌, Vol.25, No.3, pp.44-49, Oct. 2017.
- [2] 青柳, ほか: “産業創出・ソリューション協創に向けた5G高度化技術,” 本誌, Vol.28, No.3, pp.65-81, Oct. 2020.