

5G SA方式での音声通話を実現するコアネットワーク技術概要

ネットワーク開発部
しみず かずと あべ もとひろ
清水 和人 阿部 元洋
みやざき ゆうや おはら ひろき
宮崎 祐哉 小原 啓希

ドコモは2022年8月に、第5世代移动通信システム単独で動作する5G SAのスマートフォン対応の商用サービスを開始した。これを提供するにあたり、5G SAでの音声通話サービスや5Gエリア外にて4G/LTEへの通信の引継ぎサービスを可能とする機能を開発・導入した。本稿では、これらの技術について解説する。

1. まえがき

ドコモは2022年8月に、第5世代移动通信システム(5G)単独で動作する5G SA (Standalone) 方式^{*1}のスマートフォン対応の商用サービスを開始した。

ドコモでは、2022年度に5G SA方式対応機種としてスマートフォン6機種、Wi-Fiルータ1機種の合計7機種の提供を予定している(図1)。どの機種もNR-DC (New Radio Dual Connectivity)^{*2}と呼ばれる無線の同時通信技術を採用し、5G NSA (Non-Standalone) 方式^{*3}と比較して最大通信速度が向上している。

5G SAをスマートフォン向けに提供する上では、

以下の2つの計画の実現が必要となる。

- ・5G SAのエリア拡充までの4G LTE/5G NSAエリアの提供
- ・緊急通報を含めた音声通話サービスの提供

これらを実現すべく、ドコモでは5GC (5G Core network)^{*4}において、下記3機能を開発・導入した。

- ・5G SAエリア外での通信を実現するEPC (Evolved Packet Core)^{*5}との連携
- ・音声通話を実現するEPSFB (Evolved Packet System^{*6} Fallback) および5GCでの音声通話のQoS (Quality of Service) 制御^{*7}

©2023 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 5G SA方式：5Gの無線技術NRにて制御信号およびユーザデータの送受信を行う方式。本稿では3GPPの5G Deployment Optionのうち、ドコモが採用しているOption 2を指す。

*2 NR-DC：5Gの無線技術NRの電波を同時に2つ接続する方式。一般的には、6GHz以下のFR (Frequency Range) 1と、ミリ波に相当するFR2の2つに同時接続する。これにより、最大通信速度の向上が期待できる。

	AQUOS R7 SH-52C	Galaxy S22 SC-51C	Galaxy S22 Ultra S-52C	Xperia 1 IV SO-51C	Galaxy Z Flip4 SC-54C	Galaxy Z Fold4 SC-55C	Wi-Fi STATION SH-54C
	ドコモスマートフォン					ハイスベックモデル	データ通信製品
端末外観							
受信時最大速度 (5G SA)	4.9Gbps	4.9Gbps	4.9Gbps	4.9Gbps	4.9Gbps	4.9Gbps	4.9Gbps
送信時最大速度 (5G SA)	1.1Gbps	1Gbps	1Gbps	1.1Gbps	1Gbps	1Gbps	1.1Gbps
発売日	2022年7月15日	2022年4月21日	2022年4月21日	2022年6月3日	2022年9月29日	2022年9月29日	2023年1月以降
SA対応日	2022年8月24日	2022年8月30日	2022年8月30日	2022年9月12日	2022年12月5日	2022年12月5日	発売日より対応予定

図1 2022年度発売の5G SA方式対応機種

・5GCでの重要通信の優先制御と緊急通報

本稿では、上記技術について、4G/LTEのコアネットワーク*8装置であるEPCや4G/5Gでの音声提供装置群であるIMS (Internet protocol Multimedia Subsystem)*9との連携を含め、解説する。

2. スマートフォン対応の5G SAサービス提供に向けたLTEエリアとの連携

新しい技術の市場におけるライフサイクルは、常に4つのステージを経る。それは黎明期、成長期、成熟期、衰退期である。技術が最初に導入される黎明期においては、新しい技術の良さをいかに市場に理解してもらおうかという点が非常に大切である。市場の理解度が高ければ高いほど需要は高くなり、その技術はいち早く成長期、成熟期へと向かう。日本における4Gの展開では、スマートフォンが4Gの技術に対する市場の理解を高める役割を担った。3Gの最後に市場に登場したスマートフォンにより、

3Gよりもはるかに高速なパケット通信を可能とする4Gが市場に求められ、爆発的な広がりを見せた。

パケット通信においては、4G端末が異世代間をスムーズに移動するためのインタフェースが標準規定され、3Gに在圏しながらも、EPC側にアンカーポイント*10を維持することが可能となっていた。5GCにおいても同様に異世代間をスムーズに移動するためのインタフェースが規定されており、黎明期における5G SA無線エリアの狭さを補完するために4Gと5GC/5G SA間をスムーズに移動できる仕様となっている (図2)。

黎明期の無線エリアの狭さは、前世代のエリアとの切替えが頻発することによりユーザ体験の向上という観点において大きな障害となる。特に音声通話に関しては、コアネットワーク間でユーザが移動する処理の際に、一瞬の通信の停止が発生し、ユーザとしては、通話が一瞬途切れて聞こえてしまう。そのため黎明期の4Gにおいて音声通話の際には、音声品質を優先させ3Gを使わざるを得なかった。前世代の視点に立ってみると、世代の衰退期において

*3 5G NSA方式：5Gの無線技術NRを利用する際に、LTE側で制御信号をやり取りし、ユーザデータのやり取りにのみNRとLTEを協調動作させて使う方式。本稿では3GPPの5G Deployment Optionのうち、ドコモが採用しているOption 3xを指す。

*4 5GC：5G専用のコアネットワーク (*8参照)。5G NSAでも実現されていた高速・大容量に加え、5Gの特長である高信頼・低遅延、多数端末同時接続に対応する際に必要となる。

*5 EPC：LTE/4Gのコアネットワーク (*8参照)を指す。MME、S-GW (Serving Gateway)、P-GW (Packet Data Network Gateway)、PCRF (Policy & Charging Rules Function) などによ

り構成される。

*6 EPS：EPCおよびeNBを合わせた第4世代移動通信システム。EPS在圏は、EPSを利用している状態。

*7 QoS制御：パケットの優先転送など、通信の品質を制御する技術。

*8 コアネットワーク：位置制御・呼制御・サービス制御を司るネットワークシステム。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。

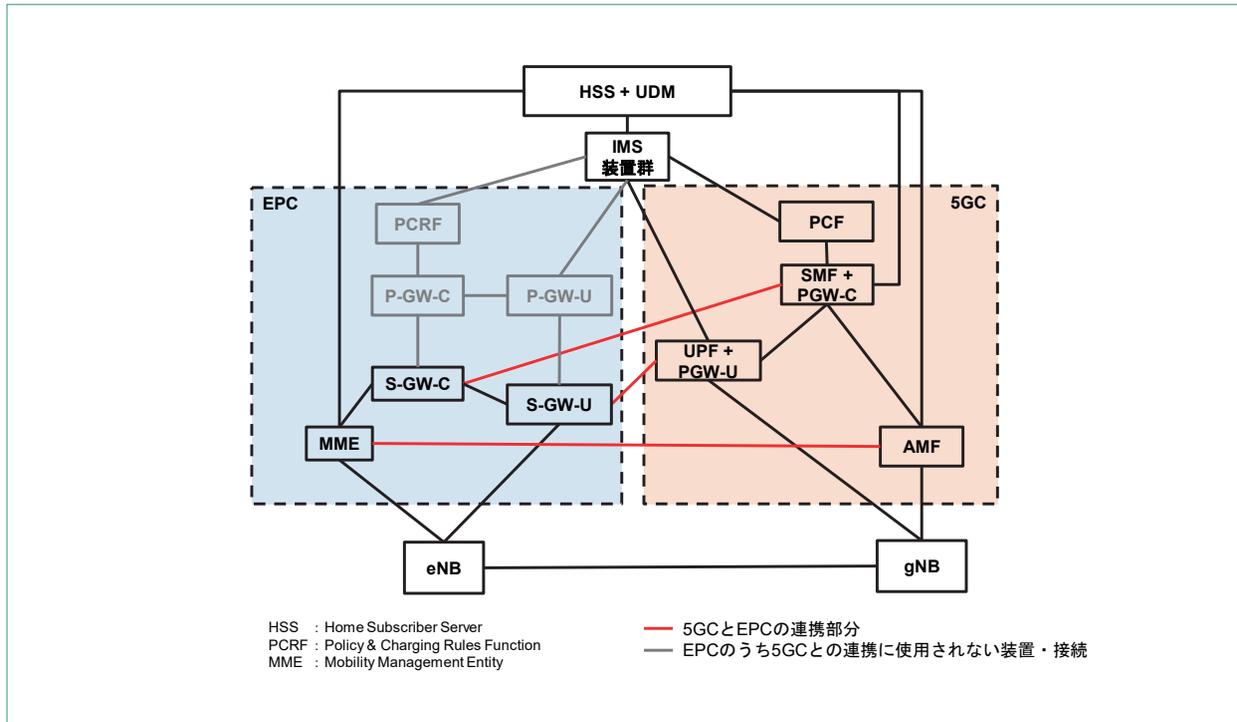


図2 5GCとEPC, IMSとの連携

次世代のバックアップとしての役割を担っていたともいえる。この3Gと4Gとの関係性は、4Gと5Gとの関係性と同様である。

4Gは、その衰退期においても、隙間のないカバレッジ^{*11}と成熟したVoLTE (Voice over LTE)^{*12}の技術を活かした高品質音声通話を、5Gと連携して5G SAユーザへ提供する。しかしながら、3GとEPC、EPCと5GCではその関係性の違いから連携の方法が大きく異なる。最も大きなポイントとして、3Gでは音声とパケット通信はそれぞれCS (Circuit Switched) ドメイン^{*13}とPS (Packet Switched) ドメイン^{*14}という概念でコアネットワークが分離していることが挙げられる。

EPCの黎明期における音声の提供では、CSFB^{*15}という技術を使用していた [1]。CSFBでは、着信

の場合はコアネットワークが端末に指示することで、4GからCSドメインの3Gネットワークへ端末を遷移させ、発信の際には端末が自律的に4GからCSドメインの3Gネットワークへ遷移する。5GCでは、CSFBとは異なり端末が自律的に動作するというのではなく、コアネットワークと無線基地局からの指示で端末を4Gへ遷移させるEPSFBという機能を使用する [2]。CSFBとEPSFBの2つの機能は、音声通話の際に前世代の無線およびコアネットワークを利用する (フォールバックする) というコンセプトは同じであるが、動作は異なる (図3)。このEPSFBは、5GC/5G SAが成長期に入り、VoNR (Voice over New Radio)^{*16}が普及するまでの間、4GにおけるCSFBのように広く長く使われる機能となる。

*9 IMS : 音声通話を制御するコアネットワークの装置群を指す。P-CSCF (Proxy-Call/Session Control Function), S-CSCF (Serving-Call/Session Control Function), AS (Application Server) などにより構成される。音声通話をIPで実現するため、IP以下の伝送路に極力依存しないよう設計されている。

*10 アンカーポイント : 切替えの起点。

*11 カバレッジ : 携帯電話などの無線通信において、電波の送受信が可能なエリア。

*12 VoLTE : 第4世代相当の移動体通信技術であるLTE上で、パケット交換方式で提供される音声通話サービス。

*13 CSドメイン : 3Gネットワークにおいて、回線交換 (Circuit Switch) 方式を採用した部分。主に音声通話サービスを提供する部分を指す。

*14 PSドメイン : 3Gネットワークにおいて、パケット交換 (Packet Switch) 方式を採用した部分。主にIPによるデータ通信サービスを提供する部分を指す。

*15 CSFB : LTE在圏中に音声などの回線交換サービスの発着信があった場合、W-CDMA/GSMなどのCSドメインのある無線アクセス方式に切り替える手順。

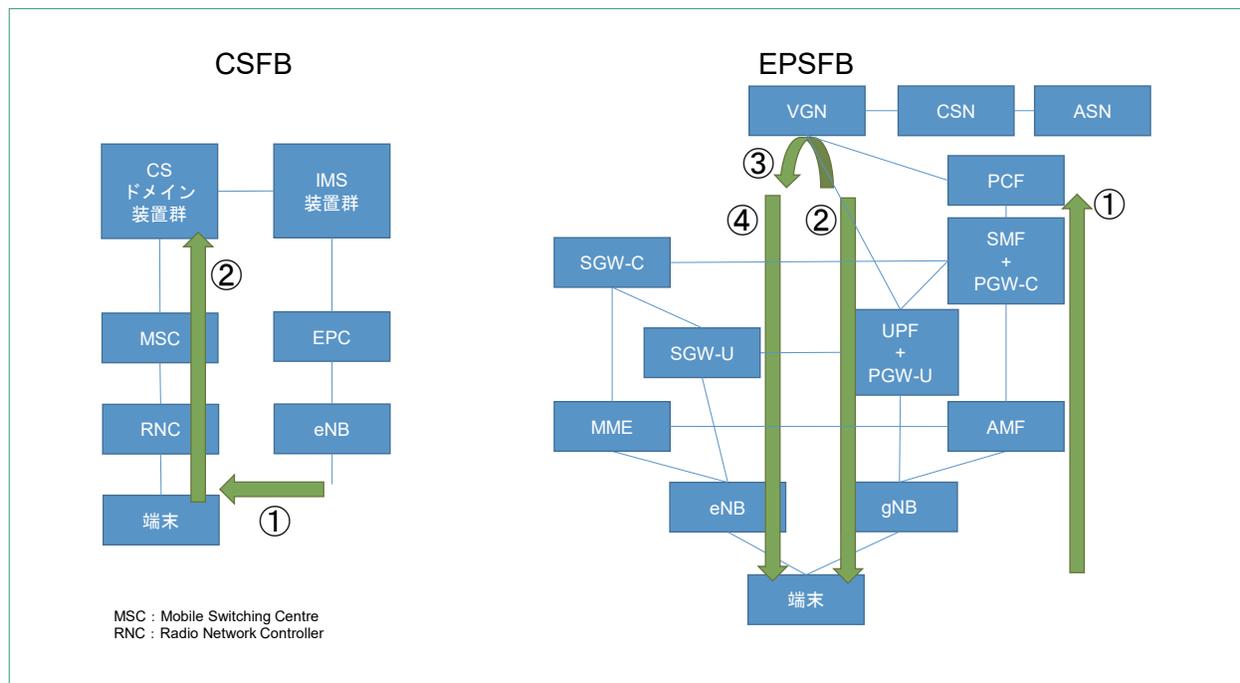


図3 CSFBとEPSFBの比較

3. 音声通話関連技術

3.1 EPSFB

EPSFBとは、5GS (5G System)^{*17}で待受けもしくは通信中の端末をEPSに移動させ、LTEにて音声を提供する方式である。最新世代の5GCおよびNRを用いる5GSから、前世代のEPCおよびLTEを用いるEPSに切り替える（フォールバックする）ため、EPSFBと呼ぶ。3GPP TS23.502 [3] の4.13.6.1章をベースにTS23.228 [4], TS29.512 [5] についても考慮したEPSFBの処理シーケンスの概要を図4①～⑩に示す。以下、各手順での処理の概要を述べる。①発信側の端末から発信側のVGN (VoLTE Gateway Node)^{*18}に対してSIP (Session Initiation Protocol)^{*19}_INVITE^{*20}信号を送信し、②VGNは位置情報取得を実施する。③位置情報にて5GS在圏を確認した後、

発信側VGNはPCF (Policy Control Function)^{*21}にDiameter^{*22}_AA-Request^{*23}信号を送信する。同時に、発信側のCSN (Call Session control Node)^{*24}を通じて着信側の装置にSIP_INVITE信号を送信する。④PCFからの指示で、SMF (Session Management Function)^{*25}, UPF (User Plane Function)^{*26}, gNB (next generation NodeB)^{*27}において、音声通話のための仮想伝送路 (QoS Flow^{*28}) の生成のため、PDU (Protocol Data Unit) session^{*29} modification動作を開始する。⑤音声通話と判断したgNBが、AMF (Access and Mobility management Function)^{*30}に対してEPSFBを要求。⑥AMFからSMFに対して、EPSFB実施のため、PDU session modificationの保留を要求し、⑦端末がEPSへのハンドオーバーを行う。その後、⑧端末からの位置登録 (TAU (Tracking Area Update)^{*31}) を契機に、⑨

*16 VoNR：前世代の4Gに依存せず、第5世代移動体通信の無線技術NRおよび5GC単独で音声通話を提供する方式。

*17 5GS：5GCおよびgNBを合わせた第5世代移動通信システム。5GS在圏は、5GSを利用している状態。

*18 VGN：VoLTEでの音声通話を制御する装置で、3GPP標準のP-CSCFおよびIMS-AGW相当の動作をするドコモの装置。

*19 SIP：IMSのアプリケーションサービスにおいて、音声、映像やテキストの交換などのために必要なセッションの開始、変更、終了を行う標準プロトコル。

*20 INVITE：SIPの信号の1つであり、接続要求を行うための信号。

*21 PCF：QoS制御、ポリシー制御、課金制御などを担う、5Gコアネットワークのネットワーク機能。

*22 Diameter：認証や認可を行う標準プロトコル。

*23 AA-Request：Diameterの信号の1つであり、認証および認可要求を行うための信号。

*24 CSN：CS-IP NWにおいて、セッション制御を実施するノード。IMSの標準アーキテクチャ上では、I/S-CSCF (Interrogating/Serving-Call/Session Control Function) に相当する。

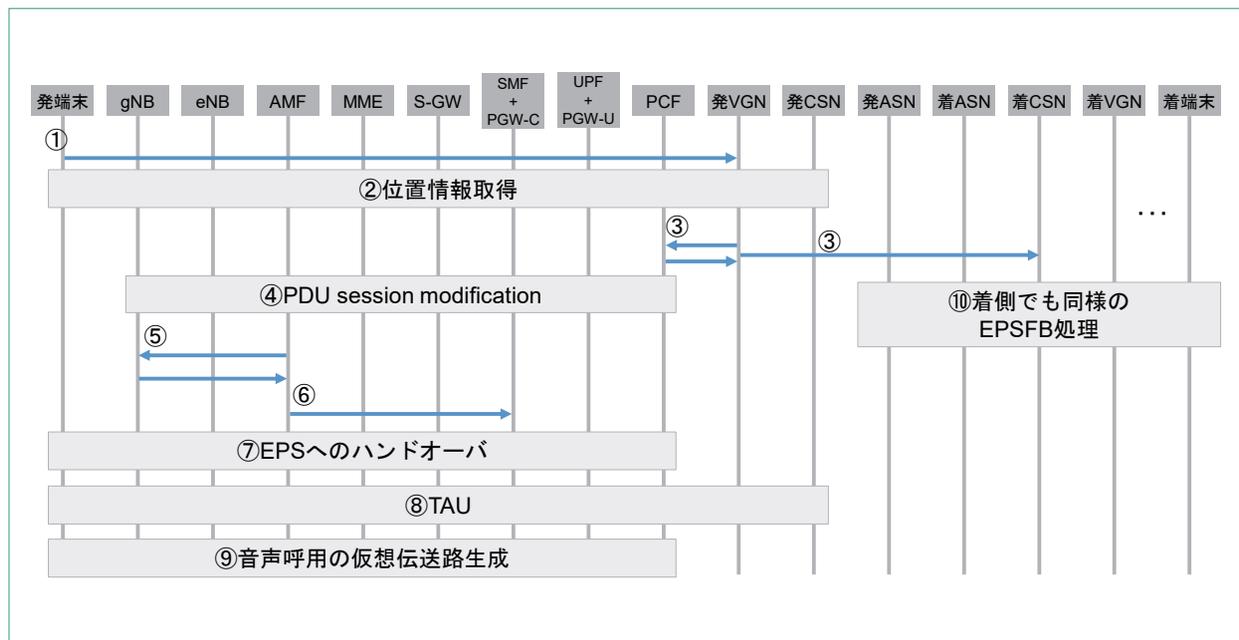


図4 EPSFB処理シーケンス

音声通話のための仮想伝送路（QoS Flow/Dedicated Bearer^{*32}）を生成する。⑩着信側も5GSに在圏している場合は、④から⑨までの処理を並行実施する。

上記のとおり、VoLTEと比較し5GSからEPSにフォールバックする手順が追加で必要となるため、EPSFBの接続処理時間はVoLTEの接続処理時間より大きくなる。そこでドコモでは、発信側のEPSFB後に着側でEPSFBするという動作を変更し、手順③にて着信側にSIP_INVITEを送ることで、発信側と着信側の並列処理を実現し、EPSFBの接続処理時間短縮を実現した。

3.2 QoS制御

サービスを特定の品質で届ける際に必要となる機能の総称がQoS制御と呼ばれるものである。4Gにおいても同様のものがあったが、5GC/5G SAでは以下の通り、大きく2つの変更点がある。

(1)flow based

変更点の1つはflow basedと呼ばれる方式に変わったことである。4Gでは、必要となるQoS特性をeNBも含めたネットワーク全体で実現する際に、Bearer/セッション^{*33}単位で単一のQCI（Quality Class Identifier）^{*34}を付与していた。そのため、同一のAPNに対して複数のQoS特性の packets を転送する際には、別なBearer/セッションを生成する必要があった。さらに、Bearer/セッションは、IPアドレスとポート番号の組合せなどの宛先単位で生成されるため、同一QCIのBearerが複数生成されることがあった。

5GC/5G SAでは、QCIは5QI（5G network Quality of service class Identifier）という名称に代わり、Bearer/セッション単位ではなくQoS Flow単位での付与となった（図5）。加えて、QoS FlowにはQFI（QoS Flow Identifier）という識別子が設定される。

*25 SMF：PDU Sessionを管理し、QoSやポリシーの実施などのためにUPFを制御する5Gコアネットワーク内の機能。EPCにおけるSGW-C/PGW-Cに相当する。

*26 UPF：5Gコアネットワークのネットワーク機能の1つ。ユーザパケットのルーティングおよび転送、パケット検査、QoS処理を担う機能。

*27 gNB：第5世代移動体通信の無線技術NRにおける無線基地局。

*28 QoS Flow：QoS単位に生成される仮想伝送路。

*29 PDU session：UEとデータネットワーク間のデータのやり取りを行うための仮想的な通信路。

*30 AMF：5Gコアネットワークにおいて、基地局（gNB）を収容し、モビリティ制御などを提供する論理ノード。

*31 TAU：端末の位置登録情報を更新する処理。

*32 Bearer：用途ごとに生成される仮想伝送路。Bearerのうち、Defaultでなく、用途が限定されるものをDedicated Bearerと呼ぶ。

*33 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。

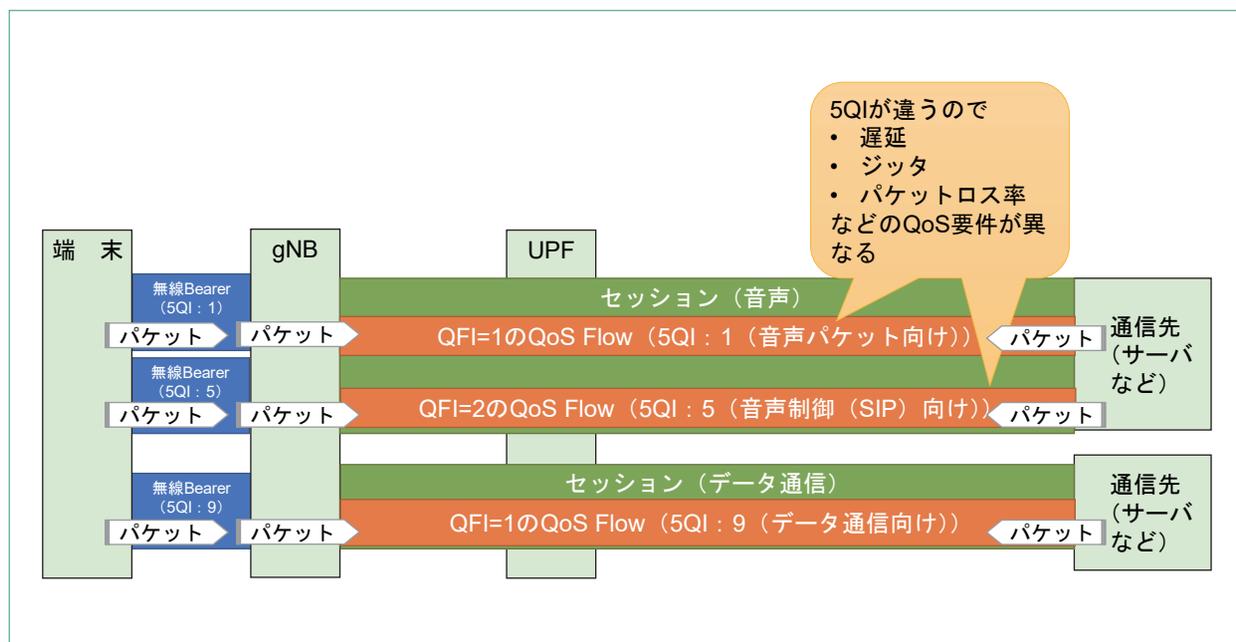


図5 QoS Flowおよび5QIによるQoS制御

5GCのNFは、QFIによってそのパケットがどのQoS Flowに属するか識別し、QoS Flowごとに設定された5QIのQoS要件に従ってパケットを処理する。これにより同一のDNN (Data Network Name)^{*35}に対して複数のQoS特性のパケットを転送する際に別なセッションを作成せず、同一セッション内で複数のQoSを付与することが可能となった。また、QoS要件が同じ場合は、IPアドレスとポート番号の組合せなどの宛先が異なっても単一のQoS Flowに集約することが可能となった。

4Gでは、無線BearerとコアネットワークのBearerは常に1対1で構成されていたが、5GC/5G SAでは1つのセッションに対して複数の無線Bearerを保持することが可能となる。

5QIは、QCIと同様に特性が3GPP標準仕様として規定されている1~127、オペレータに裁量が任されている128~254の2つのグループから構成される。

音声通話などで用いられる代表的な5QIを表1に示す。

1~127のグループは、ローミング^{*36}を考慮し、ユーザがほかのオペレータが運用しているネットワークへローミングした際にも、一定品質のサービスが提供されるように規定されている。その中には音声パケット用として割り当てられている1やベストエフォートパケット通信に割り当てられている9などがある。

特に、GBR (Guaranteed Bit Rate)^{*37}については明確に規定されている。これは、ネットワーク全体のリソース設計、特に有限のリソースである無線区間の制御に大きな影響があるためである。そのためGBRの使用用途は必要最低限に規定されている。ただし、オペレータによってはビジネス上の都合や、法令上の都合によって標準規定されている範囲では対応しきれないユースケースも発生する。その際には、オペレータの裁量に任されている範囲 (128~

*34 QCI：3GPPで規定されている、LTE/EPCにおけるBearerのQoSクラスのこと。

*35 DNN：端末の通信先。

*36 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。

*37 GBR：ビット速度が保証されていること。

表1 5QIごとのQoS要件

5QI	リソース確保方式	優先度*	遅延時間	エラー率	用途
1	GBR	20	100ms	10^{-2}	音声パケット
2		40	150ms	10^{-3}	ビデオパケット
5	Non-GBR	10	100ms	10^{-6}	音声制御 (SIP)
8		80	300ms	10^{-6}	ビデオパケット
9		90	300ms	10^{-6}	データ通信

*数字が小さいほど優先度が高いことを示す。

254) を使い、各オペレータ独自のQoS特性を設計する。

(2) Reflective QoS

もう1つの変更点はReflective QoSである。これはダウンリンクパケットで受け取ったQoSパラメータを基に端末側でルールを作成し、そのルールに当てはまるパケットに特定のQoSを適用するというものである。4Gの場合は何らかの方法でQoSルール、例えばアップリンクのパケットフィルターなどを端末まで届ける必要があった。一方、本機能ではUPFからのダウンリンクパケットのヘッダにQoSルール情報を付与することが可能となり、端末がルールを取得、もしくはネットワークがルールを送信するための制御信号が不要となり、ネットワークの負荷軽減に貢献している。

4. 重要通信の確保と緊急通報

4.1 重要通信の考え方

標準仕様において、ミッションクリティカル^{*38}通信や警察消防などへの緊急通報などを判定し、一般通信と異なる制御が可能な機能が規定されている。本規定では、特殊な通信について各国地域の規定や通信事業者ポリシーおよびベンダの製品仕様に応じ

て、優先的に処理することや、発信規制などの対象外とすることが可能である。

日本では、電気通信事業法において重要通信の確保について規定されている。例えば、災害時における防災機関などの連絡や連携を想定して、これらの通信を確保することについて言及している。これに基づき、各通信事業者は災害時優先通信という名称で重要通信の確保に努めている。またドコモは、人命救助や公共の安全・治安維持にかかわる警察や救急消防などの機関に対する緊急通報も扱っており、これに必要な機能を有することが電気通信事業法事業用電気通信設備規則により義務化されている。

4.2 重要通信を判断する技術

重要通信判定のシーケンスイメージを図6に示す。モバイルネットワークでは、gNBと各コアネットワーク装置が連携して通信を提供することから、各装置で重要通信であることを把握する必要がある。重要通信の判定に用いる要素は主に2種類あり、契約情報とSIM (Subscriber Identity Module)^{*39}に含まれるパラメータをそれぞれ使用する。

なお、緊急通報は、発端末の属性に依存せず発呼されるため、発呼時の情報から都度判定を行う。

*38 ミッションクリティカル：サービスを継続的に提供できることが極めて重要であり、障害などによる中断が許されない、あるいは非常に大きな損害になり得るシステムを指す。

*39 SIM：携帯電話の契約情報を記録したICカード。

(1) プロシージャ*40初期における重要通信の判定
 プロシージャ初期における重要通信の判定パラメータ例を表2に示す。各プロシージャの初期

フェーズにおいては、gNBやAMFは加入者の契約情報を保持していないケースが存在する。このためプロシージャの開始時に契約情報に基づく重要通信

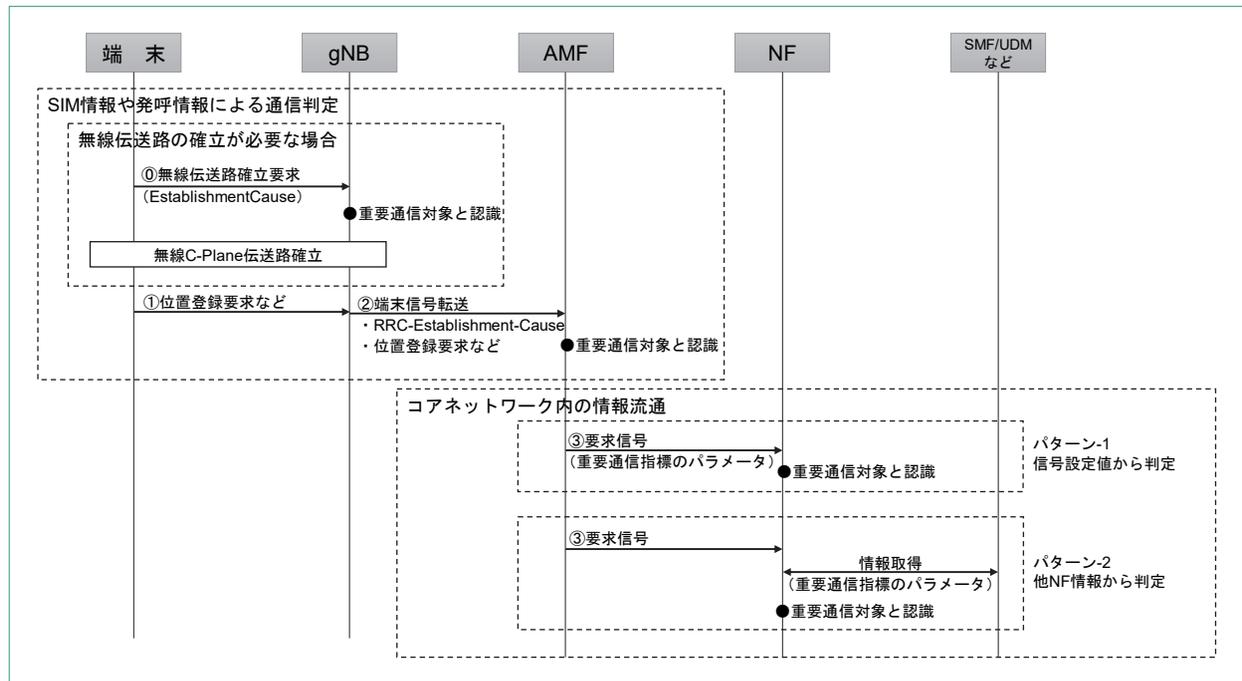


図6 優先制御のシーケンスイメージ

表2 プロシージャ初期における重要通信の判定パラメータ例

パラメータ名	プロトコル	説明
Establishment Cause	RRC	端末と基地局間の接続確立時に端末が通知する値であり、接続確立のきっかけとなった情報を示す。SIMに優先情報が設定されている場合、HighPriorityAccessが設定される。緊急通報の場合、Emergencyが設定される。
RRC-Establishment-Cause	NGAP	RRCで通知されたEstablishment Causeを同様に設定する。
5GS Registration Type	NAS	端末は緊急通報に起因する位置登録を実施する場合、emergency registrationを設定する。
Request Type	NAS	端末は緊急通報を発呼する場合、initial emergency requestを設定する。緊急通報発呼中であればexisting emergency PDU sessionを設定する。
Service Type	NAS	SIMに優先情報が設定されている場合、high priority accessが設定される。緊急通報に起因する場合はemergency services, emergency services fallbackのいずれかを設定する。

NGAP : Next Generation Application Protocol
 NAS : Non-Access-Stratum

*40 プロシージャ：基地局間や基地局 - コアネットワーク間、基地局 - 端末間における信号処理手順。

の判定を行えないリスクがある。これに対応するため、まずgNBとAMFは端末の送信した要求信号に基づき重要通信対象か判定を行う。端末はSIMに設定されたAccessClassと呼ばれる指標に基づき、無線伝送路確立要求信号のEstablishmentCauseに“highPriorityAccess”などのパラメータを設定することで、gNBに対して自身の通信が重要通信対象であることを伝える [6]。

一方、緊急通報の場合は、重要通信の指標とは異なる値である“emergency”をEstablishmentCauseに設定することでgNBに伝える。

gNBはEstablishmentCauseを参照することで、重要通信もしくは緊急通報として制御可能になる。

AMFが重要通信もしくは緊急通報であることを判定する方法は2種類あり、無線伝送路確立処理が行われたか否かで変わる。

発呼に伴い無線伝送路確立処理が行われた場合、gNBはEstablishmentCauseを把握できているためRRC (Radio Resource Control)^{*41}-Establishment-CauseとしてマッピングしAMFに通知する [7]。AMFは受信したRRC-Establishment-CauseをgNB同様に参照することで、重要通信もしくは緊急通報であることを判断可能である。

直前に無線伝送路確立処理が行われていない場合、

端末がAMFに対して送信した位置登録信号などに設定された各種パラメータを参照して判断する。

(2)コアネットワーク内における重要通信の判定

コアネットワーク内で流通する重要通信の判定パラメータ例を表3に示す。5GCの各NFは2種類の方法で重要通信であることを認識可能である。1点目は、重要通信であることを把握しているNFが、対向するNF側に要求信号を用いて重要通信対象適否を伝える方法である (図6パターン-1)。2点目は、NF自身が契約情報および緊急セッション有無を管理するサービスに問い合わせ判定する方法である (図6パターン-2)。

(a)NF同士の要求信号を用いた伝達

1点目のNF間で重要通信であることを伝える方法について、手法は大きく2種類存在する。プロトコルのヘッダを用いて通知する方式と、プロトコルで規定されたパラメータを用いて通知する方式である。各プロトコルのMessagePriorityの特徴を表4に示す。

プロトコルのヘッダを用いるケースとしてGTPv2 (GPRS Tunneling Protocol version 2)^{*42}-C, PFCP (Packet Forwarding Control Protocol)^{*43}, HTTP (HyperText Transfer Protocol)^{*44}が考えられる。これらのプロトコルに

表3 コアネットワーク内で流通する重要通信の判定パラメータ例

パラメータ名	関連プロトコル	説明
ARP	NGAP, GTPv2-C, HTTP (SBI)	該当呼のリソース確保およびリソース保持の優先度に関する指標を設定する。
mcsPriority	HTTP (SBI)	ミッションクリティカル通信の指標。
mppsPriority	HTTP (SBI)	マルチメディア向けの優先制御を行う際に設定する指標。
MessagePriority	GTPv2-C, PFCP	各プロトコルのヘッダに存在するパラメータであり、信号の優先度を示す。
3gpp-Sbi-Message-Priority	HTTP (SBI)	SBIにおける信号の優先度を示す。

*41 RRC：無線ネットワークにおける無線リソースを制御するレイヤ3プロトコル。

*42 GTPv2：ユーザデータの伝送を行うために利用される、コアネットワーク内での通信経路設定およびデータ転送などの機能を提供する通信プロトコル。

*43 PFCP：Sx参照点で用いられるC-Planeプロトコル。SGW-C/PGW-C/SMFはSGW-U/PGW-U/UPFに対してPFCPを用いてパケット制御方法を指示する。

*44 HTTP：WebブラウザとWebサーバの間で、HTML (HyperText Markup Language) などのコンテンツの送受信に用いられる通信プロトコル。

表4 各プロトコルのMessagePriorityの特徴

プロトコル	設定可能値	未設定時の扱い	優先度の考え方
GTPv2-C	0~15	オペレータポリシーに準ずる	値が小さいほど高優先
PCF	0~15	オペレータポリシーに準ずる	値が小さいほど高優先
HTTP (SBI)	0~31	24として解釈する	値が小さいほど高優先

はMessagePriorityというフィールドが規定されている。PCFとGTPv2については、標準上の規定が類似しており、プロトコル間のマッピングも容易である [8] [9]。しかし、HTTPはPCF、GTPv2-CとMessagePriorityでの設定可能な値や未設定時の扱いが異なるため注意が必要である [10]。例えば、PDUセッションを新規確立する場合、AMFがSMFにセッション確立のためHTTPによる要求信号を送信し、それを受けたSMFはUPFに対してPCFを用いてセッション確立を要求する [11]。このようにプロシージャで取り扱うプロトコルは複数種類にまたがることから、MessagePriorityは関連プロトコルで共通設定可能な0~15の範囲で運用するなどの考慮が必要である。

一方でプロトコルヘッダを用いないプロトコルで規定されたパラメータを用いる方法ではマッピングの整理は基本的に不要である。重要通信に関連するパラメータとして、ARP (Allocation and Retention Priority)^{*45}やmcsPriorityなどが存在するが、これらが扱える値の範囲はどのプロトコルでも基本的に同一であるためである。しかし、表3では重要通信を示す用途で使用可能なパラメータを記載しただけであり、厳密なパラメータの意味は考慮が必要である。例えばARPであればリソースの確保優先度を示すパラメータとなるため、直接重要通信を示

すものではない点に注意が必要である。

プロトコルヘッダとプロトコルパラメータのどちらを活用する場合においても、オペレータポリシーおよびベンダ製品仕様に基づいて調整を行う必要がある。

(b)NFによるサービスへの問合せ

2点目の、NF自身が契約情報やセッション情報を管理するサービスに問い合わせる方法については、SBI (Service Based Interface)^{*46}の特性を活かすことで容易に実現が可能である。SBIはマイクロサービスアーキテクチャ^{*47}を採用し各NFが提供するサービスを相互利用できることから、任意のタイミングで加入者情報にアクセス可能である。これは、EPCをはじめとした従来のプロトコル規定では実現が難しい5GC固有の技術といえる。当該通信が重要通信対象呼であるかを判定するにはUDM (Unified Data Management)^{*48}にNFが問合せを行い、緊急通報に起因するかを判定するにはAMF/SMFにNFが問合せを行う [12] [13]。ただし、本手法では標準で規定されたプロシージャ以上のやり取りが必要なため、オペレータ固有の処理となるリスクがある。さらに、LTE在圏時であればEPCに接続しているため、SBIを使用できないことからこの手法は使用できない。

1点目と2点目の評価基準として、技術難度と信号

^{*45} ARP：4Gおよび5Gのコアネットワークにおける、加入者の優先度を示すパラメータ。1~15まであり、数字が若いほど優先度が高いことを示す。

^{*46} SBI：5GCで制御装置間の通信に導入された統一的なインタフェース。HTTP/2を通信プロトコル、JSON (JavaScript Object Notation) をデータ記述言語としたRESTful API (Application Programming Interface) をもつことが特徴である。

^{*47} マイクロサービスアーキテクチャ：アプリケーションを構成する要素をマイクロサービスと呼ばれる小さな単位に分離し、機能間の独立性を高める考え方。

^{*48} 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。

量の2つの軸が挙げられる。技術難度の観点では、1点目の技術は、NF間における重要通信の判定に使用するパラメータの合意およびプロトコル間のマッピング条件の検討が必要なため、2点目と比較して難易度が高いといえる。一方で、信号量に着目すると、2点目は各NFが都度問合せを行う必要があることから、それに要する負荷とネットワーク内の信号量が増加するデメリットがある。このため、装置の諸元やプロトコルの適用領域を踏まえて、重要通信に関する情報の流通方法を適切に選択することが必要である。

4.3 緊急通報の提供方式

VoNR導入以前のEPSFB方式時期における、5G SAでの緊急呼の提供方式としては、主に下記の2つ挙げられる。

- ・ネットワークがEPS遷移を促すES (Emergency Service) -FB
- ・端末の自律EPS遷移 (N1mode-disable)

どちらの方式も緊急通報自体の提供はEPS在圏で

行われる。両者の違いは5GSに在圏している場合に、ネットワークがEPSへ遷移を促すのか、端末が自律的に遷移するのかわである。ネットワークがどちらの方式に対応しているかを、位置登録 (Registration)^{*49}の際にネットワークが端末に通知する。端末は、ネットワーク接続中は通知された方式を保持し、緊急通報時にそれぞれの方式に応じた動作を実行する [14]。

(1)ES-FB

緊急通報の提供がEPS在圏のみであり、かつ5GSに在圏している場合に、ネットワーク側からEPSへの遷移を促す方式である。3GPP標準ドキュメント TS23.502の4.13.4章に記載がある [3]。

ES-FB方式の動作概要を図7に示す。動作シーケンスとしては下記のとおりである。

- ①端末が緊急通報のためにIMS Emergency Sessionの確立をAMFに対して要求する。
- ②AMFからgNBに対してES-FBを要求する。
- ③NR無線からLTE無線へのハンドオーバを実施する。5GCがIMS Emergency Sessionの確立に対応していない場合、コアネットワーク装置を

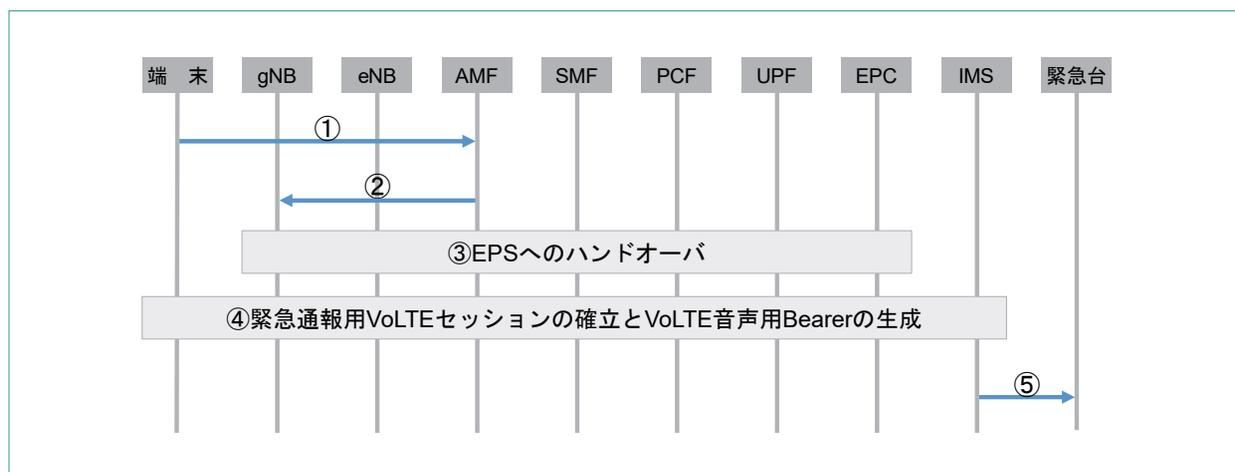


図7 ES-FB方式動作概要

*49 位置登録 (Registration) : 5Gにおいて、移動端末が現在の位置情報をUDMに登録すること。

5GCからEPCへ切り替える。

④コアネットワーク装置をEPCに切り替えた場合はVoLTE同様、EPSとIMSの連携による緊急通報用VoLTEセッション（IMS Emergency Session）の確立および音声用Bearerの確立を行う [15]。コアネットワーク装置が5GCの場合は、5GCとIMSの連携によるIMS Emergency Sessionの確立および音声用QoS Flowの確立を行う。

⑤固定電話網との相互接続などを介してIMSと緊急台^{*50}との接続を行う。

(2)端末の自律EPS遷移（N1mode-disable）

緊急通報の提供がEPS在圏のみであり、5GCがES-FBに対応していない場合、端末は緊急通報のためのIMS Emergency Sessionの開始をする際に、自律的にEPSに遷移する。その際、ネットワークに向けては、一時的に端末能力がSA能力無しとなった旨を通知する（N1mode-disable） [14]。

EPS遷移後はES-FBの図7④以降の動作を実施する。ES-FB方式と比較し、緊急通報発信までの動作時間が短いことから、ドコモは本方式を採用している。

5. あとがき

本稿では、5G SAにおいて、緊急通報を含めた音声通話サービスの提供、および4G LTE/5G NSAエリアの利用による5G SAのエリア拡充までの利便性向上を実現する技術について、4G/LTEのコアネットワーク装置であるEPCや4G/5Gでの音声提供装置群であるIMSとの連携を含め、解説した。

今後はNR単独で音声通話を実現するVoNRなど、5G SA方式の音声通話関連技術や、QoS制御の音声

通話以外への適用などの技術の検討を通して、モバイルネットワークのさらなる発展に寄与していく。

文献

- [1] 田中, ほか: “LTEと3G回線交換サービスの連携を実現するCS Fallback機能,” 本誌, Vol.17, No.3, pp.15-20, Oct. 2009.
- [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.
- [3] 3GPP TS23.502 V15.16.0: “Procedures for the 5G System (5GS),” Jun. 2022.
- [4] 3GPP TS23.228 V15.5.0: “IP Multimedia Subsystem (IMS); Stage 2,” Dec. 2021.
- [5] 3GPP TS29.512 V15.11.0: “5G System; Session Management Policy Control Service; Stage 3,” Jun. 2021.
- [6] 3GPP TS38.331 V15.18.0: “NR; Radio Resource Control (RRC) protocol specification,” Jun. 2022.
- [7] 3GPP TS38.413 V16.10.0: “NG-RAN; NG Application Protocol (NGAP),” Jun. 2022.
- [8] 3GPP TS29.244 V15.10.0: “Interface between the Control Plane and the User Plane Nodes; Stage 3,” Sep. 2020.
- [9] 3GPP TS29.274 V15.9.0: “Evolved General Packet Radio Service (GPRS) Tunnelling Protocol for Control plane (GTPv2-C); Stage 3,” Sep. 2019.
- [10] 3GPP TS29.500 V15.7.0: “5G System; Technical Realization of Service Based Architecture; Stage 3,” Sep. 2020.
- [11] 3GPP TS29.502 V15.10.0: “5G System; Session Management Services; Stage 3,” Mar. 2021.
- [12] 3GPP TS29.503 V15.10.0: “5G System; Unified Data Management Services; Stage 3,” Dec. 2021.
- [13] 3GPP TS29.518 V15.13.0: “5G System; Access and Mobility Management Services; Stage 3,” Mar. 2022.
- [14] 3GPP TS24.501 V15.7.0: “Non-Access-Stratum (NAS) protocol for 5G System (5GS),” Jun. 2022.
- [15] 徳永, ほか: “新たな音声サービスを実現するVoLTEの開発,” 本誌, Vol.22, No.2, pp.7-23, Jul. 2014.

*50 緊急台: 110番・119番などの緊急通報を受ける緊急機関の総称。警察や消防などを指す。