

## 新たな音声サービスを実現するVoLTEの開発

ドコモでは、VoLTEをユーザへのさらなる音声サービス向上や設備コスト削減などの観点から必要な機能と位置づけており、従来の回線交換方式からVoLTEへの移行を見据えてこれまでに音声ネットワークのIP化やIMS基盤の導入を行ってきた。世界的にも、LTEの音声サービスおよびSMSの提供方法として、3GPP標準であるIMS基盤を利用したVoLTEで方式を統一することが2010年2月にGSMAで合意されている。

本稿では、ドコモがVoLTE開発に至った経緯や、IMS基盤を利用したVoLTEのアーキテクチャ概要、機能的特徴、基本制御方式について解説する。

ネットワーク開発部	とくなが かずひと 徳永 和仁	みなみもと しんいち 南本 真一
	かねこ まな 金子 真菜	かみや よういち 神谷 陽一
無線アクセス開発部	きとう りか 鬼頭 理香	
移動機開発部	さくらもと ひでゆき 櫻本 英之	
ドコモ・テクノロジー株式会社 コアNW事業部	いまむら いっせい 今村 一成	

### 1. まえがき

VoLTE (Voice over LTE) とは、LTE上で音声サービスを提供するための技術であり、業界団体であるGSMA (GSM Association)\*1にてそのサービス提供に必要な機能が規定されている[1]。VoLTEは、韓国などの一部のキャリアでサービス提供が始まっており (2014年3月現在)、LTEを採用している世界の200以上のキャリアにおいても近くVoLTEを導入すると見られている。

従来のLTE対応端末は音声サービスを提供する際に3Gネットワークに切り替えて接続を行っているた

め、音声通話品質は3G同等であり、無線切替えによる発着信時間の長期化や音声通話中のパケット通信が3Gの通信速度に制限されている。そこでドコモは、これを解決する手段としてVoLTEを導入し、2014年6月下旬にサービス開始した。VoLTEを提供することで音声通話中でもLTEに在圏可能となることから、ユーザはスピーディーな発着信、高速マルチアクセスの利用、通話中のエリアメール\*2受信が可能となる。またVoLTE導入に合わせて高音質通話、ビデオコールを新しく提供することで、ユーザはさまざまな場面において使用感の向上が期待

できる。また、音声サービス分の周波数利用効率\*3向上により、効率化できた周波数をデータトラフィックに転用することでユーザはより快適なパケット通信が利用できる。ドコモのVoLTEではIPネットワーク上のQoS (Quality of Service)\*4制御など、GSMAや3GPPが規定する一連の機能を実装しているほか、LTEから3Gへのハンドオーバー\*5時に呼継続する機能を採用している。

本稿では、VoLTE開発に至った経緯、VoLTEのアーキテクチャ概要と機能的特徴、基本制御方式について解説する。

©2014 NTT DOCOMO, INC.  
本誌掲載記事の無断転載を禁じます。

† 現在、ドコモ・テクノロジー株式会社 コア  
NW事業部

\*1 **GSMA**：ローミングルールの策定をはじめとした、さまざまなモバイル業界の活動を支援・運営する、世界最大の移動通信関連の業界団体。移動通信事業者と中継事業者や端末・装置ベンダ、ソフトウェアベンダなどの関連企業が参加している。

\*2 **エリアメール**：気象庁が配信する緊急地震速報などを即時に同報配信するサービス。

\*3 **周波数利用効率**：単位時間、単位周波数当りで伝送できる情報ビット数。

\*4 **QoS**：サービスごとに設定されるNW上の品質。使用帯域の制御により遅延量や廃棄率などの制御が行われる。

\*5 **ハンドオーバー**：通信中端末が移動に伴い基地局を跨る際、通信を継続させながら基地局を切り替える技術。

## 2. VoLTE開発の経緯

ドコモでは、より高速で高品質なネットワークの提供、変化する音声通信・データ通信のトラフィック量への対応、設備投資費用の削減などを目的として、段階的なコアネットワーク\*6のIP化を進めてきた(図1)。

音声通信においては、回線交換ドメイン\*7で行っていた音声サービスをIP化するアプローチとして、IMS(IP Multimedia Subsystem)\*8を用いたIPベースのコアネットワーク(以下、CS-IP\*9NW)を導入した[2]。IMSの大きな特徴としては3G、LTE、無線LANなどのアクセス網

にかかわらず共通の音声サービス(例えば留守番電話サービスやはなして翻訳など)を提供できることである。ドコモは、LTEのように回線交換ドメインを有さないNWにおいても音声通信の提供を行っていくことを見据えてIMSの導入を推進してきた。

データ通信においては、LTEを収容するEPC(Evolved Packet Core)\*10上で、高速なモバイルブロードバンドやマルチメディアサービスを提供してきた。

一方世界では、LTEでの音声サービスおよびSMSの提供方法として、CSFB(Circuit Switched FallBack)\*11

[3]や、IMS、VoLGA(Voice over LTE via Generic Access)\*12[4]など複数の方式が提案されていたが、相互接続性や国際ローミング時の対応を考慮して方式を統一すべきとの考えから、GSMAにおいてIMSを用いたVoLTEを採用することが2010年2月に合意された[5]。その後、IMSによるVoLTEを実現するために最低限必要な機能セットの規定としてIR.92[1]と呼ばれる文書がGSMAにて標準化され、それをもとにVoLTEの実現方式の詳細が世界で議論されてきた。

このように、ドコモが目指していたコアネットワークのマイグレーション

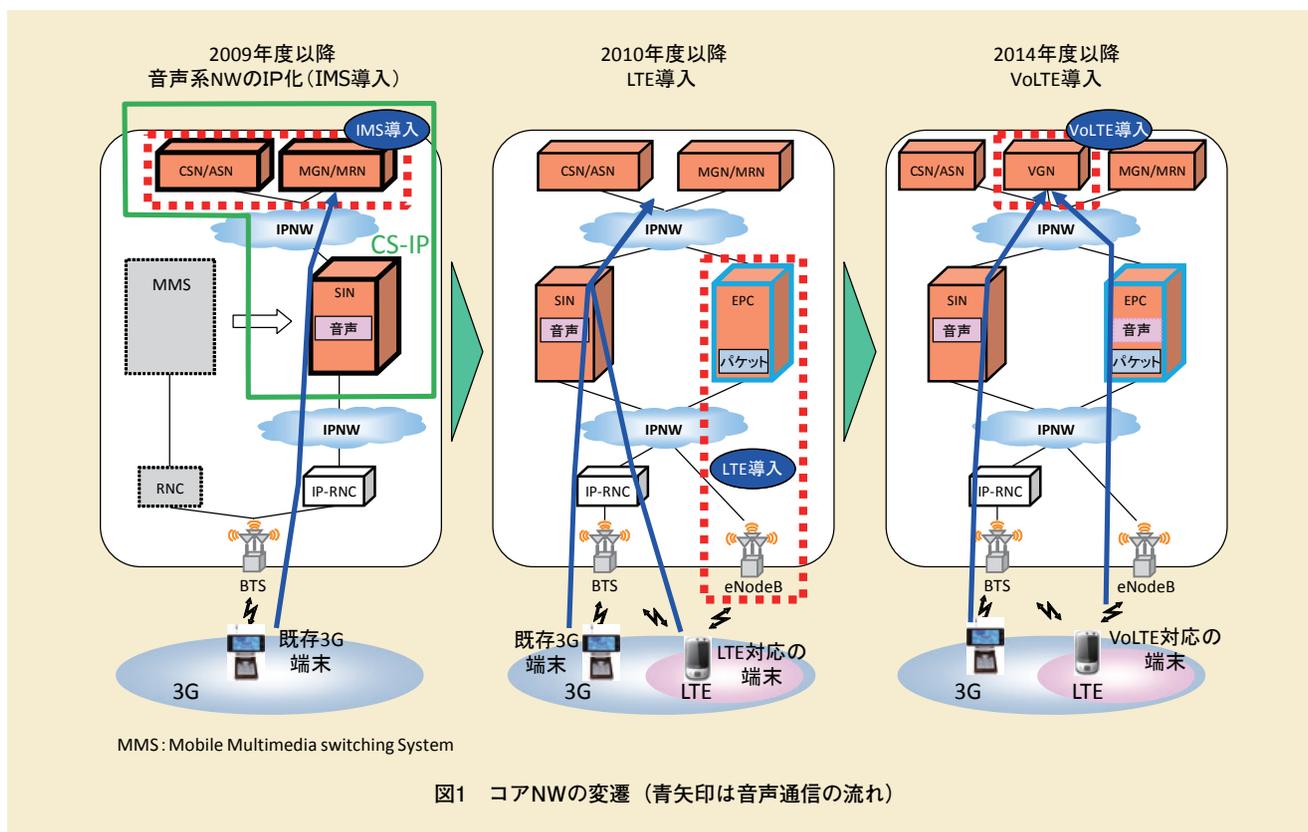


図1 コアNWの変遷(青矢印は音声通信の流れ)

\*6 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。  
 \*7 回線交換ドメイン：回線交換サービスを提供するネットワーク機能部。  
 \*8 IMS：3GPPで標準化された、固定電話NWや移動通信NWなどの通信サービスを、IP技術やインターネット電話で使われるプロトコルであるSIPで統合し、マルチ

メディアサービスを実現させる通信方式。  
 \*9 CS-IP：3GPPで標準化されたIMSを用いた音声トラフィックを制御・伝送するIPベースのコアネットワーク。  
 \*10 EPC：MME、S-GW、P-GW、PCRFから構成され、認証、移動制御、ベアラ管理、QoS制御といった機能を提供する。  
 \*11 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、CSドメインのある無線アクセス方式に切り替える

手順。  
 \*12 VoLGA：LTE無線を回線交換NWで収容し、仮想的な回線交換音声サービスを提供する技術。

ョンと世界動向がマッチし、かつ、VoLTEに方式が統一され、相互接続性などに問題がないと判断したことから、ドコモではVoLTE開発を本格的に着手した。

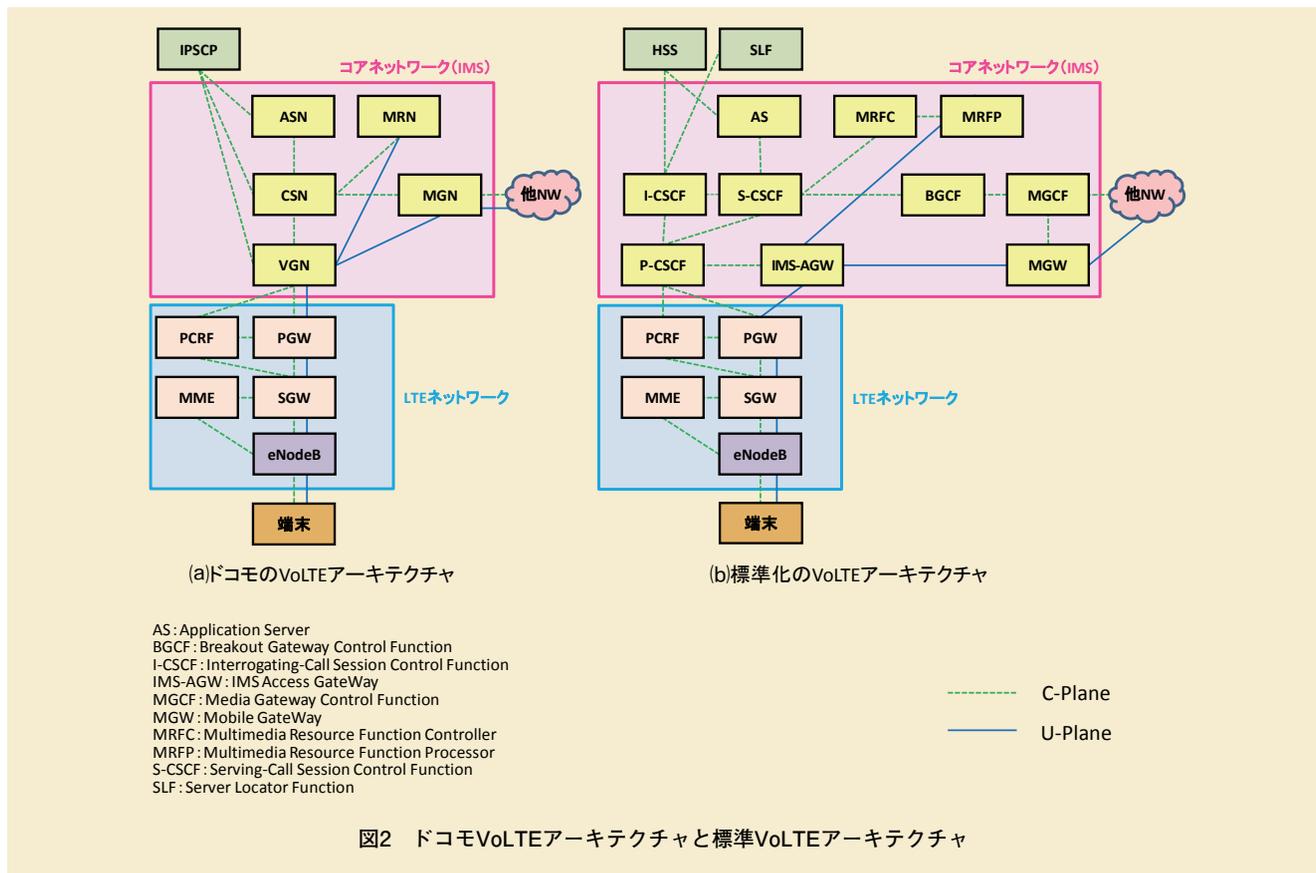
### 3. ドコモのVoLTEアーキテクチャ概要

ドコモが開発したVoLTEのNWアーキテクチャと、標準のVoLTEのNWアーキテクチャとの比較を図2に示す。VoLTEのアーキテクチャは大きく分けて、LTEネットワークを構成するeNodeB、EPCとコアネットワークを構成するIMSから成

り立っている。

コアネットワークに関しては、ドコモではすでにCS-IP NWを導入する際にIMSのアーキテクチャを導入している。IMSのメリットの1つとして、異なるIP-CAN (IP Connectivity Access Network)<sup>\*13</sup>であっても同一のIMSに接続することで、同じ音声サービスを提供できることが挙げられる。そのため、VoLTEのサービス提供についてはすでに構築済みであるドコモIMSネットワークを活用できるアーキテクチャとした。具体的には、VGN (VoLTE Gateway Node) のみ新規に導入し、それ以外

は既存の装置を利用する。VGNは、VoLTE端末をIMSネットワークに接続するためのゲートウェイ<sup>\*14</sup>装置であり、標準のP-CSCF (Proxy Call Session Control Function)<sup>\*15</sup>、IMS-AGW (IMS-Access GateWay)<sup>\*16</sup>相当の装置である。この装置は、端末から送信されたSIP (Session Initiation Protocol)<sup>\*17</sup>プロトコルのC-Plane (Control Plane)<sup>\*18</sup>信号について、端末とドコモネットワークとの差分を吸収する処理や異常な信号をIMS装置内に取り込まないためのセキュリティ装置として機能する。また、U-Plane (User Plane)<sup>\*19</sup>の



\*13 IP-CAN: IMS端末に対してIMSネットワーク事業者（ホームネットワークもしくはローミング先ネットワーク）へのアクセス手段を提供するもの。  
 \*14 ゲートウェイ: プロトコル変換やデータの中継機能などを有するノード機能。  
 \*15 P-CSCF: EPCとの接続点および、移動端末とS-CSCFおよびI-CSCFとの接続点に配備され、EPCと連携しQoS制御を起動させる役割と、移動端末とS-CSCFおよび

I-CSCF間のSIP信号の中継の役割を担う。  
 \*16 IMS-AGW: P-CSCFと同じ位置に配備され、P-CSCFがSIP信号の中継を実施するのに対して、IMS-AGWは音声信号の中継を行う。P-CSCFと連携して音声信号の制御やセキュリティ機能を提供する。  
 \*17 SIP: IETF (Internet Engineering Task Force) で策定された通信制御プロトコルの1つ。VoIPを用いたIP電話などで利用される。

\*18 C-Plane: 通信の確立や切断などをするための制御信号の伝送路。  
 \*19 U-Plane: 制御信号の伝送路であるC-Planeに対して、ユーザデータの伝送路。IMS観点では、SIP信号はC-Plane、RTP/RTCPはU-Planeだが、EPC観点ではどちらもU-Planeと位置づけられる。

制御装置としても動作し、後述する通話中にLTEから3Gへ遷移する際のU-Plane信号のコントロール装置としての働きもある。その他の装置については、既存のドコモネットワークの働きと同じであり、CSN (Call Session control Node) はセッション\*20の制御、ASN (Application Serving Node) は音声サービスの制御、MGN (Media Gateway Node) は他網との接続制御、MRN (Media Resource Node) はガイダンス送出制御を実施する。なお、MGNに関しては、これまでの3G音声サービスの呼接続信号処理とVoLTEの呼接続信号処理には差分があるが、他網向けの接続制御についてはこれまでと変更がないため、この差分を吸収する装置としての役割もある。

ここまでIMSネットワークについて述べたが、IP-CANであるLTEネットワークについてもドコモですでにLTEサービスが開始済みであり、新規に装置を追加することなく導入可能である。ただしデータサービスと異なり、LTEネットワークにはLTEパケット通信上での音声制御のための音声ベアラ\*21提供、音声品質確保のための帯域制御などが必要となる。

## 4. VoLTEの機能的特徴

### 4.1 VoLTEにおける音声品質の確保

#### (1)概要

VoLTEの導入により、LTEネッ

トワークに音声パケットが流入することになる。音声パケットをspモードなどのデータ通信パケットと同じ優先度とすると、LTEネットワークが輻輳\*22した時に音声パケットも廃棄される可能性があるため、音声品質が劣化してしまう懸念がある。そのため、VoLTEでは最低帯域保証をするための帯域制御(QoS制御)が必要となる。また、VoLTEサービスの中でもC-PlaneとU-Plane、音声呼とビデオコール、一般呼と緊急呼などのように信号種別ごと、呼ごと、あるいはサービスごとにシステムの優先制御、IPネットワークにおける品質水準などを可変とする必要がある。そのため、VoLTEサービスを制御するIMSとVoLTEの信号伝送路であるベアラを提供するEPCが連携し各システムでの制御に情報を反映させるとともに、都度IPネットワークに適切なQoS設定がなされるようベアラ制御を実施することとなる。

#### (2)ベアラ制御

サービス種別ごとのQoS制御は3GPP標準仕様[6]において、QCI (QoS Class Identifier)\*23ごとに帯域保証対象か非対象か、優先度、許容遅延時間、パケットロス率といったガイドラインが定められている(表1)。VoLTE提供前の従来のベアラ制御はBest Effort型のベアラをDefault Bearer\*24として提供し、同一APN (Access Point Name)\*25上で2本目以降のベアラ (Dedicated

Bearer\*26)を運用していなかった。VoLTE提供時にはIMS Specific APN上でSIPプロトコルによるC-Plane用のベアラ (Default Bearer) とRTP (Real-time Transport Protocol)\*27/RTCP (RTP Control Protocol)\*28による音声用U-Planeベアラ (Dedicated Bearer)、ビデオ用U-Planeベアラ (Dedicated Bearer) の最大3本を構築する必要がある。また、SIPプロトコルによるC-Plane用のベアラは帯域非保証型 (Non-GBR (Guaranteed Bit Rate)) だが、RTP/RTCPによるU-Plane用のベアラは帯域保証型 (GBR) である。

### 4.2 ビデオコール

#### (1)概要

ドコモでは、IR.92をベースに規定されているIR.94[7]準拠のビデオコールを提供する。3GのTV電話では、64kbpsの限られた帯域の中で音声と映像情報の両方を送信する仕組みを使って実現していたが、VoLTEのビデオコールでは音声と最低384kbpsの動画をそれぞれ独立して送信する仕組みのため、画質の向上が可能となる。またドコモでは、IR.94で規定されている一連の機能に加えて、後述の可変レート方式 (Rate Adaptation) を用いることで動画品質を向上させている。

#### (2)通信レート制御方式

ドコモで提供するビデオコールは、無線品質の悪い環境においても安定した動画を提供するために固定レー

\*20 セッション：サーバとクライアント、もしくはサーバ間どうしてやり取りされる通信の意味のあるまとまり。ここでは、呼制御シーケンスの一連の通信をまとめて、セッションとして扱う。

\*21 ベアラ：P-GW、S-GW、eNodeB、UE間で設定される論理的なユーザデータパケット伝達経路。

\*22 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。

\*23 QCI：3GPPで規定されている、LTE/EPCにおけるベアラのQoSクラスのこと。1~9の値があり、数字が若いほど帯域保証・低遅延を示す。

\*24 Default Bearer：各APNにおいて1本目に確立するベアラ。IMS-APNにおいてはSIPの送受信に使用される。

\*25 APN：接続ポイント名。企業ユーザなどが接続先として用意するネットワークの接続

ポイント名。

\*26 Dedicated Bearer：各APNにおいて2本目以降に確立するベアラ。IMS-APNにおいてはRTPやRTCPの送受信に使用される。

\*27 RTP：映像や音声をストリーミング再生するための伝送プロトコル。UDPタイプのプロトコルで、パケットロス対策などは行われない。一般的にRTCPによる通信状態レポートとセットで用いられる。

ト方式ではなく、可変レート方式 (Rate Adaptation) を採用している。固定レート方式では常に同じレートで通信するため、そのレートでの通信が困難な無線品質状況下においてはパケットロスによる画像乱れの発生に繋がることがある。一方、可変レート方式においてはその都度適切なレートに変更しつつ通信を行うため、見た目上比較的安定した動画が継続的に提供可能となる。なお、可変レートを実現する方法としては AVP (Audio Video Profile)<sup>\*29</sup> [8] と AVPF (Audio-Visual Profile with Feedback) [9] という2つの方式が存在する。ドコモでは、より精度が高く、標準規定上も推奨されている AVPF の方を採用している。以下にその方式の簡単な仕組みについて解説する (図3)。

まず、発側にて下り RTP として

受信可能な最大ビットレートを自端末とNW間の無線品質などから算出し、着側端末へRTCPで送信する (図3①)。着側端末も同様に自端末とNW間の無線品質などから端末で送信可能と推定する上り最大ビットレートを算出し、受信した発側端末の算出結果と比較し、小さい方の値を着側端末から発側端末方向への通信レートとする (図3②)。また、着側端末で受信可能な下り最大ビットレートも算出し、発側端末へ送信する (図3③)。それを受けた発側端末でも同様に送信可能な上り最大ビットレートを算出し、小さい方の値を発側端末から着側端末方向の通信レートとする (図3④)。このようなやり取りを定期的に繰り返し、常に適切なレートに変更しながら通信を行う方式となっている。

### 4.3 無線区間の周波数利用効率向上

#### (1)概要

LTEでは、ユーザ端末とeNodeB間のデータ送受信において、PDCCH (Physical Downlink Control CHannel)<sup>\*30</sup> および PDSCH (Physical Downlink Shared CHannel)<sup>\*31</sup>/PUSCH (Physical Uplink Shared CHannel)<sup>\*32</sup> が用いられる。PDCCHではPDSCH/PUSCHに使用する周波数リソースや送信フォーマットが指示される (図4)。

VoLTEではAMR (Adaptive Multi Rate)<sup>\*33</sup> コーデックが使われており、300bit程度の音声データがRTPパケットとして20msに1回生成される (図5)。したがって、音声データの送受信は20msごとに行われる。

周波数リソースや送信フォーマット指示にPDCCHが必要となるため、

表1 QCIとベアラの種類

QCI	帯域保証型	優先度	許容遅延時間	パケットロス率	適用サービス例
1	GBR	2	100ms	10 <sup>-2</sup>	通話 (音声)
2		4	150ms	10 <sup>-3</sup>	通話 (ビデオ) 【Live Streaming】
3		3	50ms	10 <sup>-3</sup>	リアルタイムゲーム
4		5	300ms	10 <sup>-6</sup>	非通話 (ビデオ) 【Buffered Streaming】
5	Non-GBR	1	100ms	10 <sup>-6</sup>	IMS Signalling
6		6	300ms	10 <sup>-6</sup>	ビデオ通信 【Buffered Streaming】 TCPベースのパケット (例: www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video)
7		7	100ms	10 <sup>-3</sup>	音声通信 ビデオ通信 【Live Streaming】 インタラクティブゲーム
8		8	300ms	10 <sup>-6</sup>	ビデオ通信 【Buffered Streaming】 TCPベースのパケット (例: www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video)
9		9			

\*28 RTCP: RTPと組み合わせて利用され、RTPのデータストリームの制御を行うプロトコル。RTCPで帯域幅や遅延時間などをやり取りすることで品質管理を行う。

\*29 AVP: RTPで用いられる可変通信レート方式の1つで、最も基本的な方式。

\*30 PDCCH: LTEにおけるデータの送信フォーマットやタイミング指定に用いるチャネル。

\*31 PDSCH: LTEにおけるDLデータ送信に使用する共有チャネル。

\*32 PUSCH: LTEにおけるULデータ送信に使用する共有チャネル。

\*33 AMR: 3GPP標準仕様で必須サポートとなっている音声符号化方式。

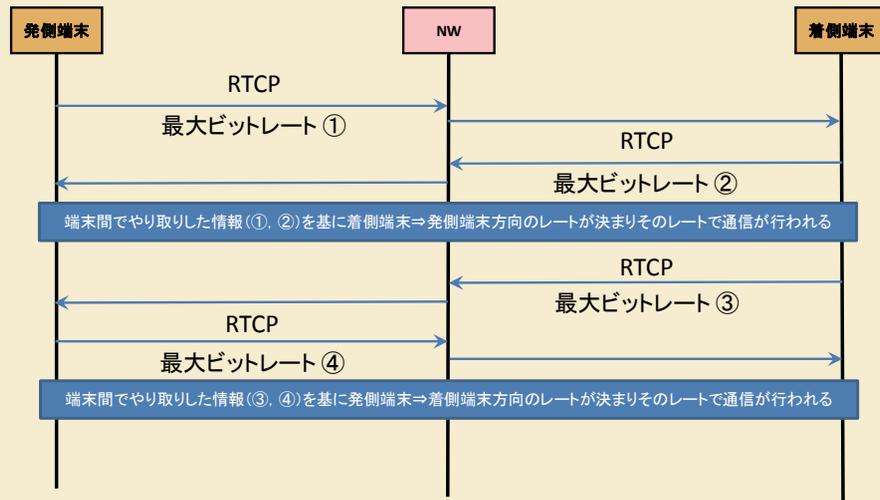


図3 Rate Adaptation (AVPF) の概要

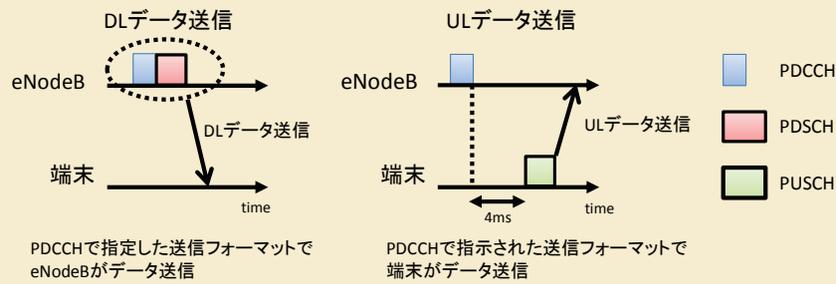


図4 LTEでのDL/ULデータ送信イメージ

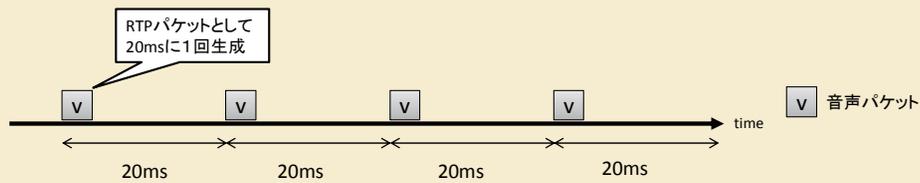


図5 AMR codecの音声パケット生起間隔

音声データのような短い周期で発生する小さなデータの場合PDCCH消費量が大きくなり、音声の収容ユーザ数がより制限される。これに対し、PDCCH使用効率を改善する手法として、Delay packingおよびTTI (Transmission Time Interval) bundlingがある。

また、音声データ量に対してRTP/UDP (User Datagram Protocol)<sup>\*34</sup>/IPのプロトコルヘッダが大きいいため、ヘッダ圧縮の手法としてVoLTEではROHC (RObust Header Compression)<sup>\*35</sup>[10]を用いる。

(2)PDCCH使用効率改善手法とヘッダ圧縮の手法

(a)Delay packing

Delay packingは、音声データ発生のために送信するのではなく、バッファリングを行い、後続の音声パッケージが発生したタイミング

でまとめてMACレイヤのデータ送信単位であるMAC PDU (Media Access Control Protocol Data Unit)<sup>\*36</sup>を生成して音声パッケージを一度に送信する手法である (図6)。これにより音声データの送受信回数が減少し、PDCCHリソース使用量を削減できる。

しかしながら、無線環境に応じて単位時間当りに送受信できるデータ量が変わるので、各ユーザ端末の無線環境に基づき一度に送信するパッケージ数を適応的に制御する必要がある。具体的には、無線環境が良いユーザ端末に対してはDelay packingを適用し、セル端のような無線環境が悪いユーザ端末に対してはDelay packingを非適用とする。

(b)TTI bundling

セル端のような無線品質の悪い

環境において一定のスループットを確保しようとした場合、送信信号の周波数帯域幅を広げることが考えられる。一方でユーザ端末の送信電力には上限があるため、上りリンクでは周波数帯域幅を広げると帯域当りの送信電力が低下し、所要の受信品質を満たせなくなる。

この課題は音声パッケージを分割 (segmentation) して複数のsub-frameにわたり送信し、1 sub-frameあたりの送信ビット数を減らすことで解決できるが、分割した分だけPDCCHを使用する (図7)。さらに、分割したデータごとにMAC/RLC (Radio Link Control)<sup>\*37</sup>/PDCP (Packet Data Convergence Protocol)<sup>\*38</sup>ヘッダが必要となり、無線チャネルの使用効率が劣化する。SPS (Semi-Persistent Scheduling)<sup>\*39</sup>では周期ごとに1回のリ

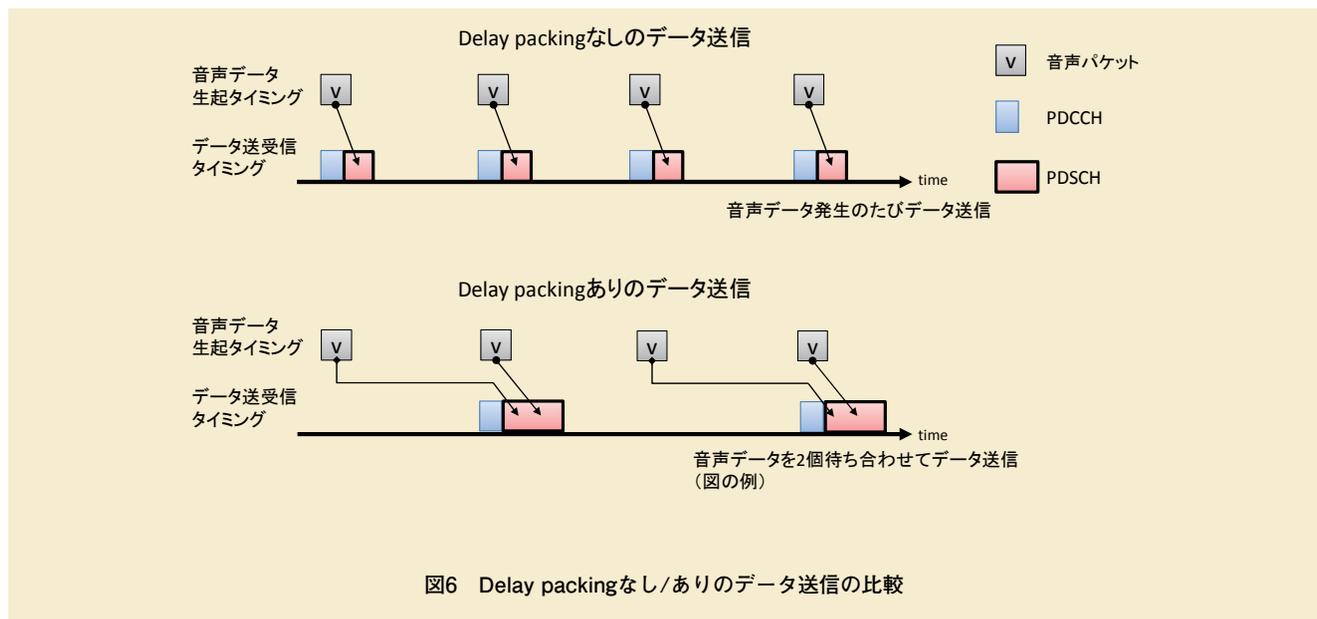


図6 Delay packingなし/ありのデータ送信の比較

\*34 UDP: トランスポート層のプロトコルの1つで、送達確認や輻輳制御などを行わないため処理が軽く、途中でデータが抜け落ちても問題が少ないリアルタイム通信に用いられる。

\*35 ROHC: RTP/IP/UDPヘッダの圧縮手法。

\*36 MAC PDU: MACレイヤのProtocol data unit. PDUはヘッダやpayloadを含むプロトコルデータを表す。

\*37 RLC: LTE方式における無線インタフェースのレイヤ2におけるサブレイヤの1つで、再送制御、重複検出、順序整列などを行うプロトコル。

\*38 PDCP: LTE方式における無線インタフェースのレイヤ2におけるサブレイヤの1つで、秘匿、正当性確認、ヘッダ圧縮などを行うプロトコル。

\*39 SPS: LTEにおいて半固定的なリソース割当てを行うスケジューリング手法。

ソースしか指定できないため、segmentationは用いることができない。

これを解決する技術としてLTEの標準仕様ではTTI bundlingが規定されている[11]。TTI bundlingを適用した場合、1つの音声パッケージを連続した4つのsub-frameにわたり送信が可能となる。このとき、ユーザ端末にデータ送信を指

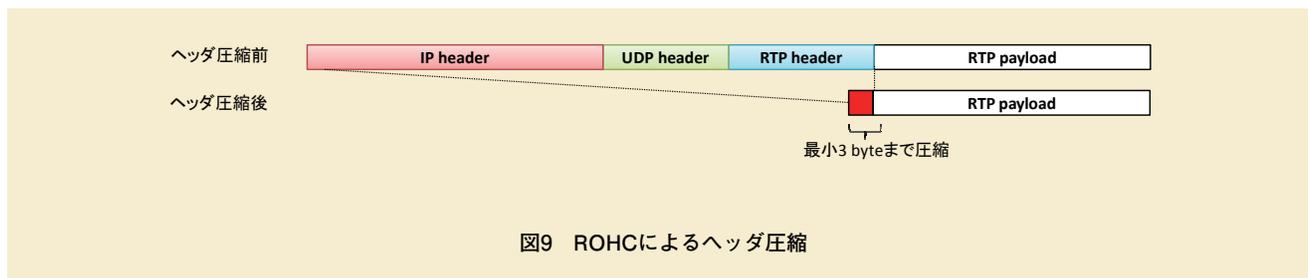
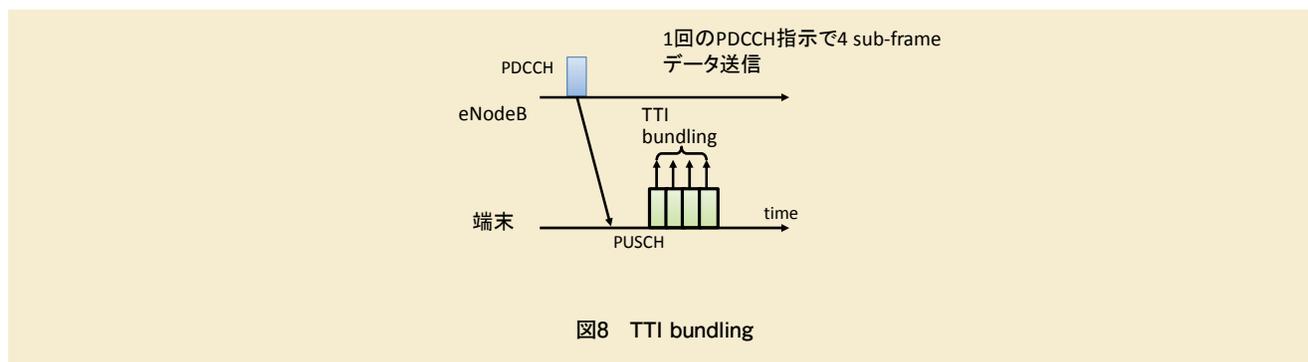
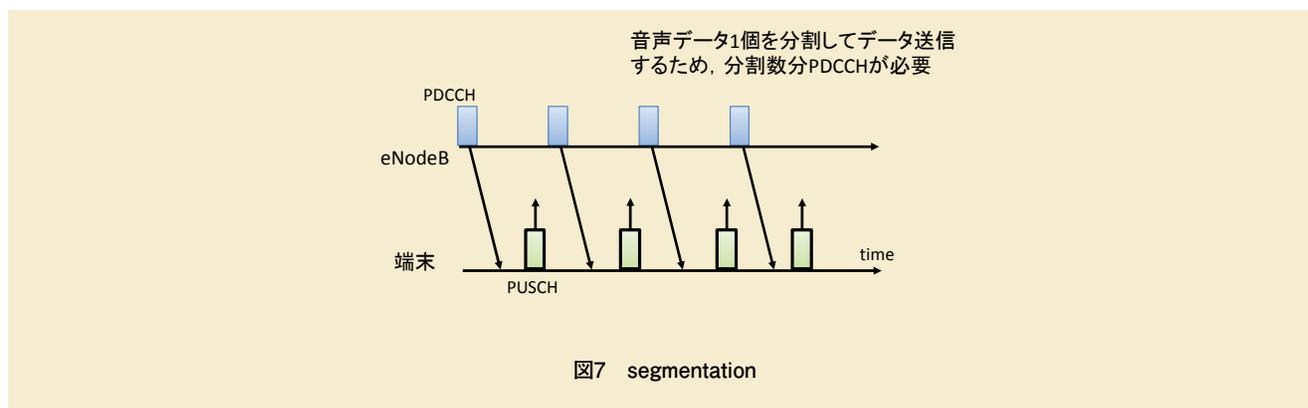
示するPDCCHは1回のみであり、PDCCHリソース使用量を削減できる(図8)。

(c)ROHC

VoLTEにおける音声データのIPパッケージは図9に示すような構造となっており、約65%をRTP/UDP/IPヘッダが占めるため、そのまま送信した場合に無線リソース\*40使用効率の低下を招く。そ

こで、無線リソース使用効率を改善するため、VoLTEにおいてはヘッダ圧縮 (ROHC) 制御が適用される。ROHC制御は3GPP標準仕様上[12]具体的な制御は規定されておらず、RFC文書[10]を参照することが示されている。

ROHC制御は、RTP/UDP/IPヘッダの情報要素ごとの変化のパターンを利用して圧縮/伸張を行



\*40 無線リソース：ユーザごとに通信のため割り当てられる時間および周波数

う。具体的には、IPアドレスなどのように通信中に値がほぼ変化しない情報要素については、いったん伸張側での受信が成功するとその後は省略し、ヘッダ情報の削減を行う。また、RTPシーケンス番号やRTPタイムスタンプのようにパケットごとに値が変化する情報要素に対しては、それらの値が一定の規則で変化することを利用して、最小限の情報のみを送信することで、ヘッダ情報の削減を行う。伸張側は、圧縮側と同様に各ヘッダの情報要素の変化パターンを用いることで、圧縮されたヘッダを復元することが可能となる。ROHC制御により、RTP/UDP/IPヘッダは約60byteから最小3byteまで

削減可能となる。

## 5. VoLTEの基本制御方式

VoLTEの位置登録制御と基本発着信制御について、ネットワークアーキテクチャを図10に示しつつ、以下に解説する。

### 5.1 位置登録制御

VoLTE対応端末による位置登録処理概要について図11に示す。VoLTE端末の位置登録は、LTEレイヤに対するAttach<sup>\*41</sup>処理とIMSレイヤに対するRegistration<sup>\*42</sup>処理の2つから構成されている。

#### (1) Attach処理

端末の電源をONにするとW-CDMA

機能を具備している場合は3GおよびLTEに対しAttachを実施する(図11①)。

VoLTE対応端末は接続APNを指定しないため、MME (Mobility Management Entity)<sup>\*43</sup>はHSS (Home Subscriber Service)<sup>\*44</sup>から通知されたDefault APN (IMS) に接続する(図11②③)。ESPGW (EPC Serving and PDN Gateway)<sup>\*45</sup>から接続要求を受けたPCRF (Policy and Charging Rule control Function)<sup>\*46</sup>はP-CSCF Discovery処理〔VGNアドレスを選択しPCO (Protocol Configuration Options)<sup>\*47</sup>で端末に通知する処理〕を起動し、VGNアドレスを端末に通知する(図11④⑤)。なお、標準仕様ではP-CSCF Dis-

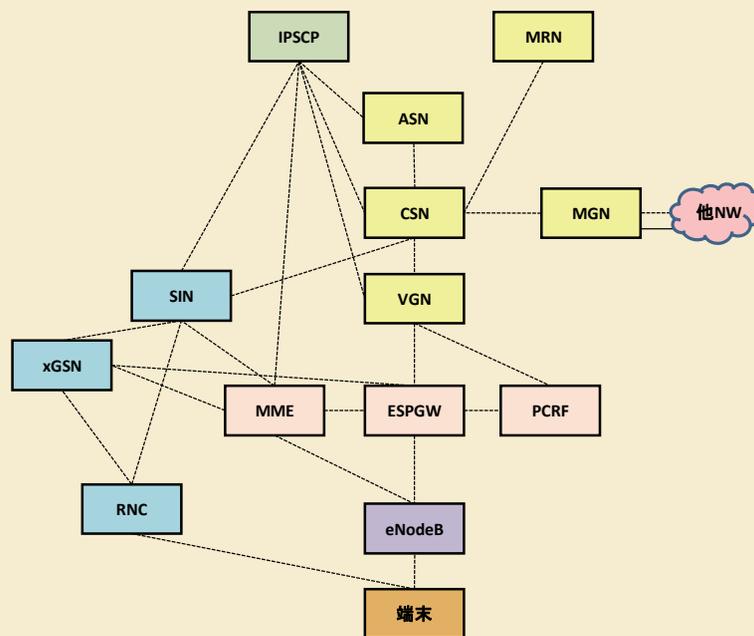


図10 VoLTEの位置登録制御時、基本発着信制御時のネットワークアーキテクチャ

\*41 Attach：移動端末の電源ON時などにおいて、移動端末をネットワークに登録する処理。

\*42 Registration：IMSにおいて、SIPを用いて移動端末が現在の位置情報をHSSに登録すること。

\*43 MME：eNodeBを収容し、モビリティ制御などを提供する論理ノード。

\*44 HSS：3GPP移動通信網におけるユーザー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。

\*45 ESPGW：S-GW、P-GWの能力をもつ装置。

\*46 PCRF：ユーザーデータ転送のQoSおよび課金のための制御を行う論理ノード。

\*47 PCO：ベアラ確立信号で、各種プロトコルのオプションを転送する。

covery処理はESPGWが実施するが、ドコモ網では装置障害／輻輳時において柔軟にP-CSCF Discovery処理が可能なPCRFで実施している。

また、3G側にAttachするために、SIN/CSN/ASNを経由してIPSCPに位置登録要求信号を送信する(図11⑥)。

IMS Default Bearerを確立すると、MMEは端末にAttach完了応答信号を送信する(図11⑦)。

(2)Registration処理

LTEレイヤでのAttachが完了す

ると端末からIMSレイヤへの信号送信が可能となり、端末とIMS間でのSIPプロトコルによるRegistration処理が行われる。端末はSIP\_Registration要求をVGN経由でCSNに送信し(図11⑧)、CSNはIPSCP (IP Service Control Point)\*48と連携してAKA (Authentication and Key Agreement)\*49認証機能(TS24.229, TS33.203)を提供し、端末に対して認証要求を行う(図11⑨⑩)。端末は認証要求信号に設定されているベクタを基に演算した結果を再度

CSNに送信し(図11⑪⑫)、CSNはVoLTE端末から通知された演算結果と自らの演算結果を比較して(図11⑬)合っていれば認証完了として位置登録処理を継続し、ASNに対しSIP\_Registration要求を実施する。SIP\_Registration要求を受信したASNは、IPSCPに対して位置登録要求を実施する。各ノードはSIP\_Registration応答とともにプロフィール\*50情報を保持する(図11⑭)。

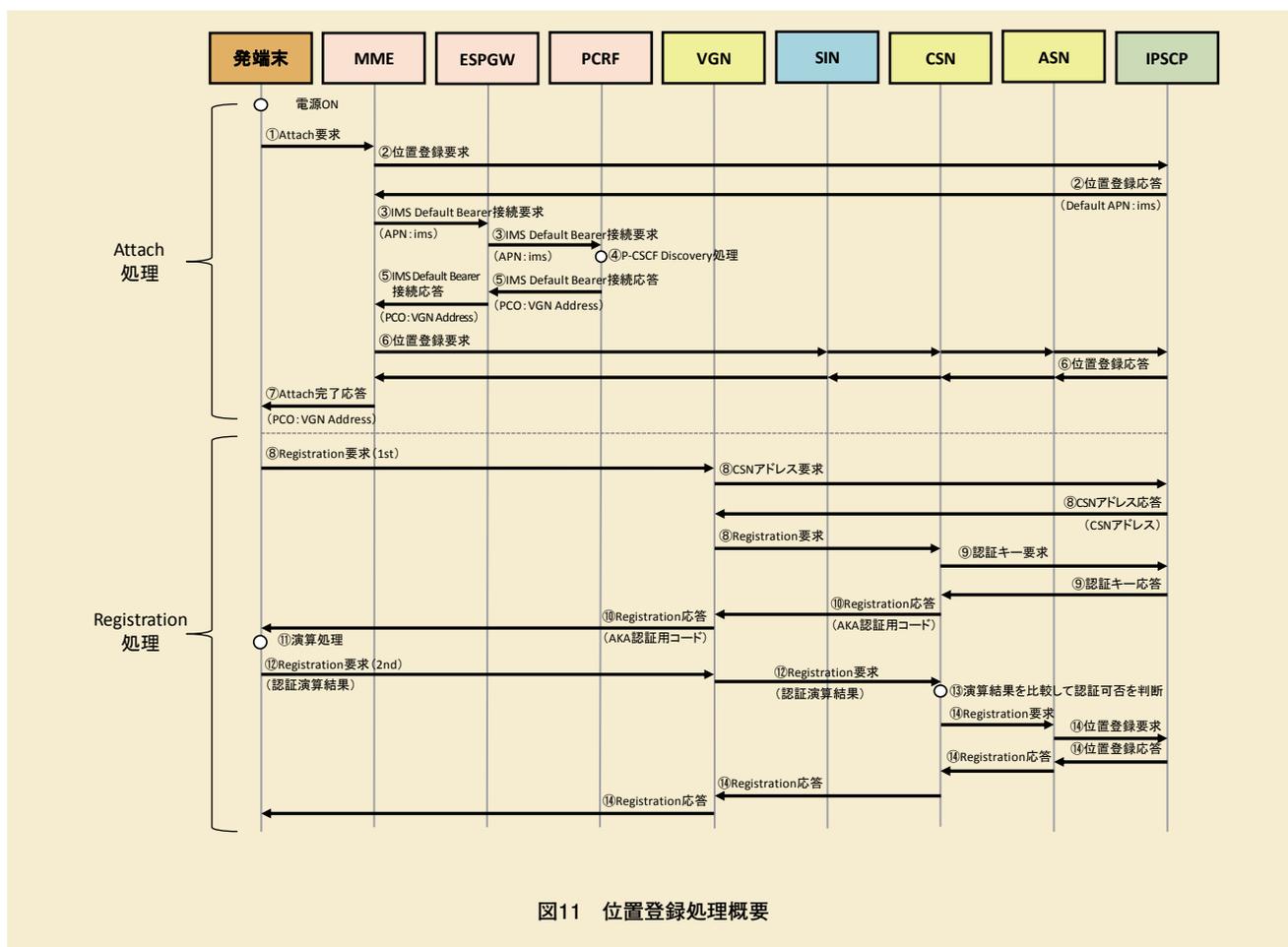


図11 位置登録処理概要

\*48 IPSCP: IPサービス制御装置。加入者のサービス情報(契約情報や設定情報)の管理機能およびサービス制御機能を有する装置。

\*49 AKA: 認証(Authentication)と鍵生成(Key Agreement)を用いた認証処理の総称。USIMは、NWより払い出されたパラメータを基に秘匿鍵、完全性検査鍵を生成するとともに、それらのパラメータの正当性を確認する。

\*50 プロファイル: 契約、ユーザ設定、在圏情報などのサービス制御に必要な情報。

## 5.2 基本発着信制御

### (1) 発着信制御処理概要

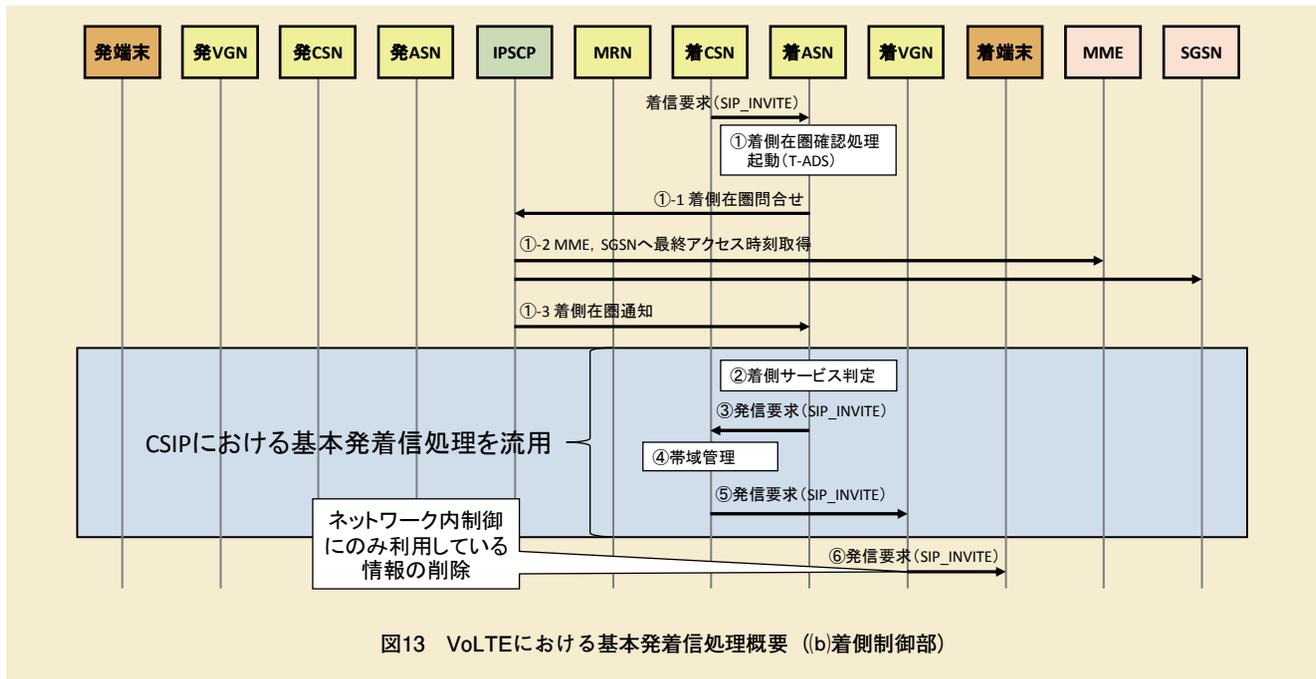
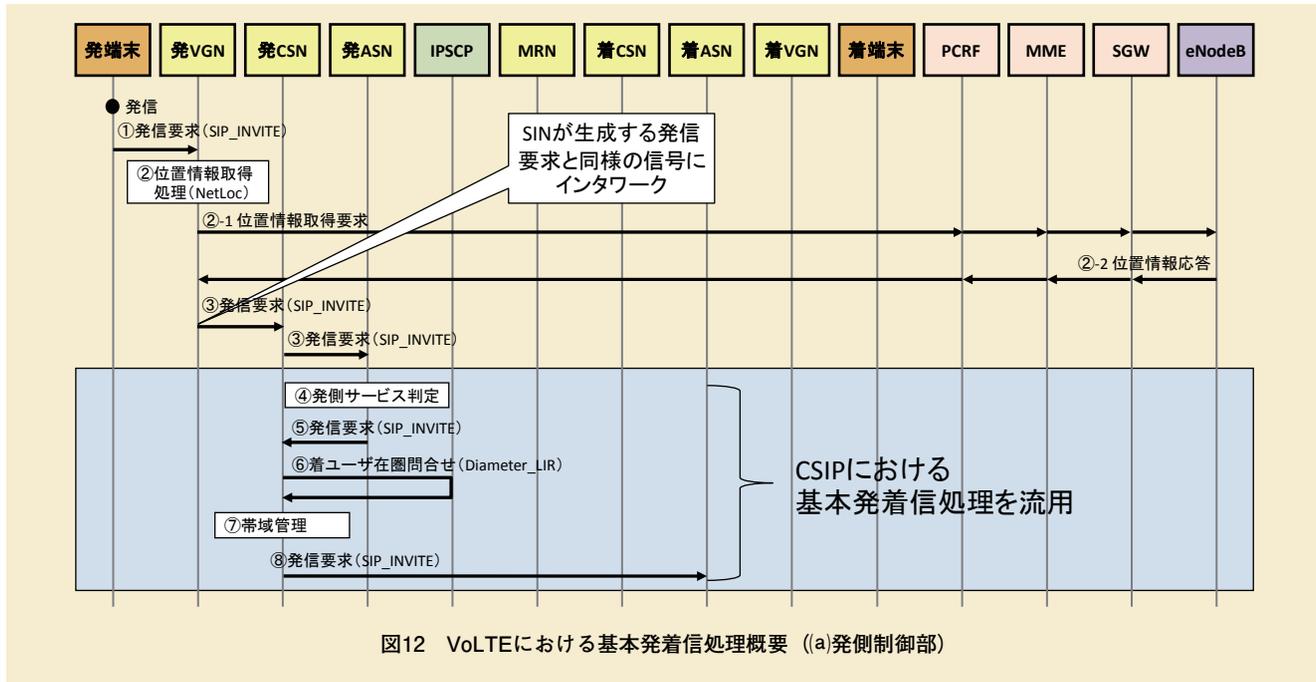
IMSのRegistration制御後の基本

発着信処理について図12～14に示す。

基本発着信処理は(a)発側制御部、

(b)着側制御部、(c)セッション確立～

発着間での通話確立処理に分けられる。



(a)発側制御部

発側制御部における特徴は、EPCを経由してLTE無線アクセスNWへ位置情報を取得すること、VGNにおいて端末とIMSをインタワーク\*51することである。

発端末からの発信要求(図12①)を受信したVGNは位置情報取得処理を実施する(図12②)。位置情報取得処理は3GPP標準であるNetLoc(Network Provided Location Information for IMS)\*52[13]を用いる。VoLTEではCSIPのように無線アクセス網とIMS装置が

直接接続しておらずVGNが位置情報を取得できないため、EPC経由でLTE無線アクセス網のセル単位での位置情報を取得する。(図12②-1, ②-2)その後、発VGNは発CSNへ発信要求を実施する。この時、発VGNは3G音声発信時に発SIN\*53が生成する発信要求と同様の信号にインタワークすることで、発VGN以降の装置の処理を流用できるようにしている(図12③)。

発信要求を受信したCSN, ASN, 着ユーザ在圏問合せを受信した

IPSCPの処理は、3G音声発信時の処理を流用する(図12④~⑧)。

(b)着側制御部

着側制御部における特徴は、着ASNにおいて着信者在圏判定を起動しIPSCP, xGSN, MMEと連携すること、VGNにおいて端末とIMSをインタワークすることである。

着CSNからの着信要求を受信した着ASNは、着側在圏確認処理を実施する(図13①)。着側在圏確認処理は3GPP標準であるT-ADS(Terminating Access Domain

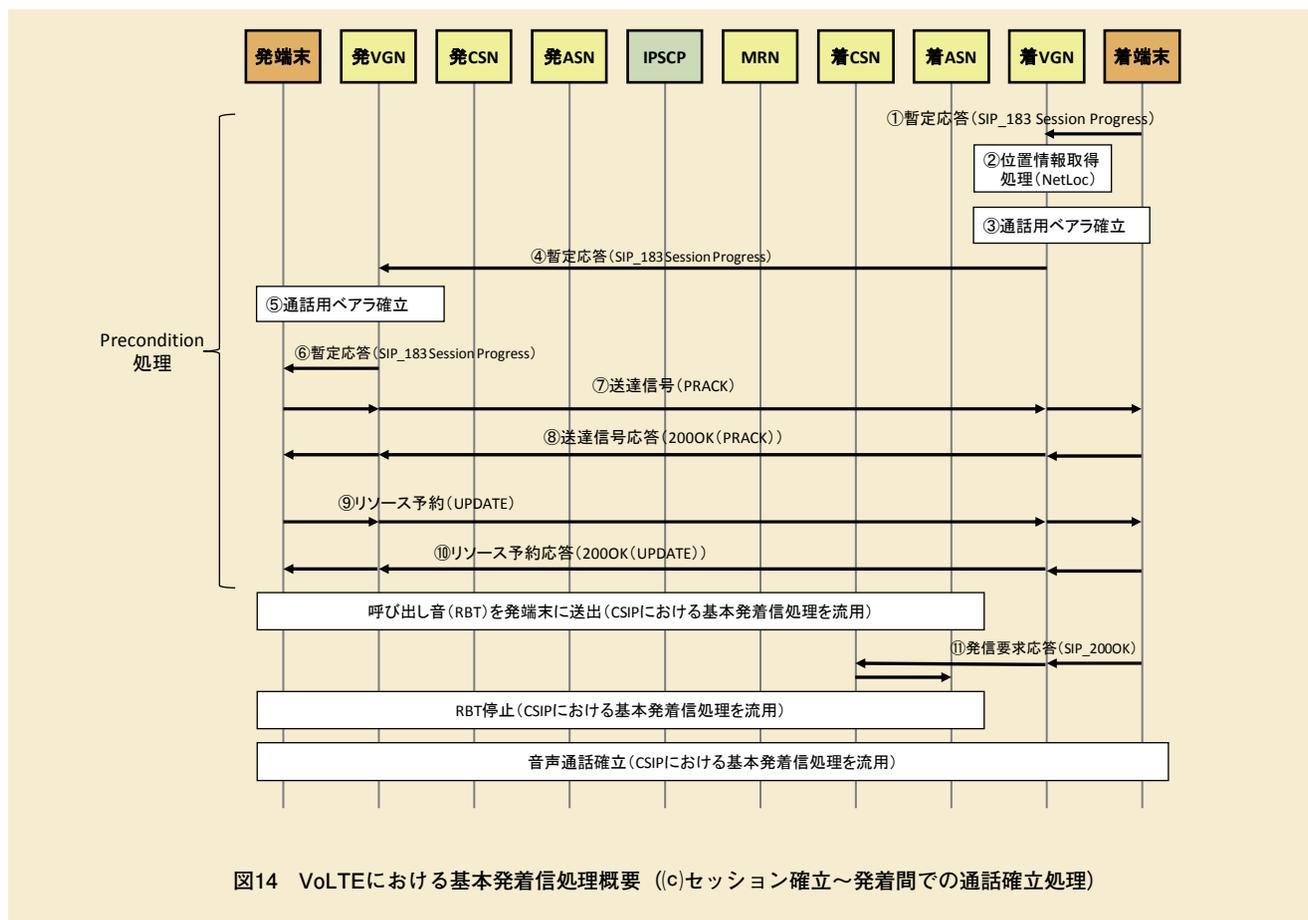


図14 VoLTEにおける基本発着信処理概要 ((c)セッション確立～発着間での通話確立処理)

\*51 インタワーク：通信システム間の相互動作。

\*52 NetLoc：IMS装置がNW主導で端末の位置情報(在圏しているセル)を取得する手順。端末から通知される位置情報は偽装されるおそれがあるため、NW主導で位置情報を取得する。

\*53 SIN：3G無線アクセスネットワークを収容する機能と、3G回線交換からIMSに接続するためにCCとSIPを相互変換する機能を具備する装置。

Selection)<sup>\*54</sup>[14]を用いる。T-ADSにより着信者の最終在圏がLTEまたは3Gかを識別し(図13①), その在圏ネットワークに着信要求を実施する(図13②~⑥)。最終在圏の具体的な識別方法は、IPSCPがMME(LTE網), SGSN(Serving General packet radio service Support Node)<sup>\*55</sup>(3G網)へ, 着端末の両装置への最終アクセス時刻を問い合せ, 最終アクセス時刻が直近の時刻の方を最終在圏と識別する(図13①-1, ①-2)。ただし, LTEエリアであっても無線基地局(eNodeB)やEPCがVoLTE対応していないエリアに端末が在圏する場合には, VoLTE着信ではなくCSFBにて着信させる。

着端末に着信すべき在圏を判定した後のCSN, ASN処理は, 3G音声発信時の処理を流用する(図13②~⑤)。着VGNは着端末に対して, IMSネットワーク内制御にのみ利用している情報などを着端末向け信号から削除し, 発信要求を実施する(図13⑥)

(c)セッション確立~発着間での通話確立処理

セッション確立における特徴は, セッション確立前に端末からU-Planeなどのリソース条件が要求され, それが満たされる場合のみ通信を確立するPrecondition[15]と呼ばれる機能を用いることである。Preconditionは, リソース確保完了後に着信を行うことから不

要な呼制御を削減するという利点がある。

着信要求を受信した着端末は, コーデック<sup>\*56</sup>などセッションに関する能力情報(SDP(Session Description Protocol))[16]にリソース条件を設定した暫定応答を着VGNへ送信する(図14①)。この時, 着端末では暫定応答に含んだリソース条件に従った処理を同時に行っている。暫定応答を受信した着VGNでは, 着加入者の位置情報取得(NetLoc)を行うとともに, 着端末とネットワーク間の音声通話用ベアラを確立する(図14②③)。その後発VGNまで暫定応答を流通し, 暫定応答を受信した発VGNは発端末とネットワーク間の音声通話用ベアラを確立する(図14④⑤)。暫定応答を受信した発端末は, 設定されたりソース条件に従った制御を行ったのち暫定応答に対する送達信号を着端末に送信し, 着端末は送達信号に対する受信応答を行う(図14⑥~⑧)。その後, 発端末, ネットワーク, 着端末間でリソースを確保する(図14⑨⑩)。

その後, 呼出し音(RBT: Ringing Back Tone)をユーザに送出する制御, 着加入者が応答(オフフック)した(図14⑪)際のRBT停止, RBT停止後の発着間の通話確立処理は, CSIPの処理を流用している[2]。

## (2)SMS制御

LTEエリアに在圏し, IMSへの

Registrationが成功しているVoLTE端末は, Default Bearer上でSIPプロトコルを用いるSMS over IP[17]方式にてSMS送受信を行う。標準ドキュメント上SMS over IPの一機能として規定されているIP-SM-GW(IP-Short-Message-GateWay)<sup>\*57</sup>の機能については, ドコモNWでは3Gで同様の機能を担っているASNにて実現する。3Gでは端末-SIN間でSMSプロトコル, SIN-ASN間でMAP(Mobile Application Part)プロトコルを用いているが, VoLTEでは端末-ASN間でSIPプロトコルを用いることとなる。3GとVoLTEの差分はASNで吸収する仕組みとしているためASNより上位のノードについては3GとVoLTEで処理の差分はない(図15①~③)。また, SMS着信時にASNでは着ユーザの在圏を判断してプロトコルおよび送信ルートを決する。例えば着ユーザがLTE在圏かつIMSへのRegistrationが完了している場合はSMS over IP, 着ユーザがLTE在圏かつIMSへのRegistrationが未完了の場合はSMS over SGs<sup>\*58</sup>, 着ユーザが3G在圏している場合は3Gルートを選択する。SMS over IPルートが選択された場合は, ASNはCSNにSMS転送要求(SIP\_MESSAGE(RP-DATA))を送信し, CSN→VGN→着端末へ順々にSMS転送要求(SIP\_MESSAGE(RP-DATA))が送信される(図15④~⑥)。SMS転送要求を受信した端末は, SMS転送要求の信号

\*54 T-ADS: 端末が在圏しているアクセス網を特定する機能。

\*55 SGSN: パケット交換およびパケット通信を行う移動端末の移動管理などの機能を提供する, 3GPP標準規格上の論理ノード。

\*56 コーデック: 音声などのデータの符号化, 復号化に関する技術。

\*57 IP-SM-GW: 従来の回線交換でのSMSとIPでのSMSの送受信を管理する論理ノード。

\*58 SMS over SGs: MSCとMMEを接続するインタフェースSGsを経由するSMS。VoLTE非対応LTE端末はSMS over SGsでSMS送受信を行っている。

自体を受信したことを示す送達信号応答 (SIP\_200 (OK)) をASN向けに送信し (図15⑦~⑨), その後端末はSMSの内容を把握し, 有効なメッセージを受信したことを示すメッセージ受信応答 (SIP\_MESSAGE (RP-ACK)) をASN向けに送信する (図15⑩~⑫). ASNはメッセージ受信応答を受けてメッセージ受信確認信号 (SIP\_202 (Accepted)) を端末向けに送信する (図15⑬~⑮).

(3)SRVCC

SRVCC (Single Radio Voice Call Continuity) [18]とは, VoLTE 音声通話中に3Gにハンドオーバーするた

めの機能である. その処理について 図16に示す.

端末からLTE無線状態の悪化と3G品質が一定以上であることを通知されたeNodeBはMMEにSRVCC要求をする (図16①~③). MMEはSINに対してSRVCC要求するが (図16④), MMEはAttach/TAU (Tracking Area Update) \*59時にIPSCPから受信したSTN-SR (Session Transfer Number for SRVCC) \*60 (VGNアドレス) をSINに通知するため, Combined位置登録\*61/TAU時に選択したSINを選択する必要はなく, 任意のSINを選択すればよい. MMEから

SRVCC要求を受けたSINでは, RNC (Radio Network Controller) \*62に対する3G無線リソース確保 (図15⑤) および, STN-SRから導出したVGN (図16⑥) に対してIMSセッションを確立するためにハンドオーバー呼の識別子を設定したSRVCC要求を送信する (図16⑥). RNC側からの3G無線リソースが完了次第, 端末に対して3Gへの無線切り替え要求 (SRVCC応答) が送出される (図16⑦⑧). 端末は無線方式をLTEから3Gに切り替え (図16⑨), PS単独位置登録 (RAU: Routing Area Update) \*63を実施する (図16

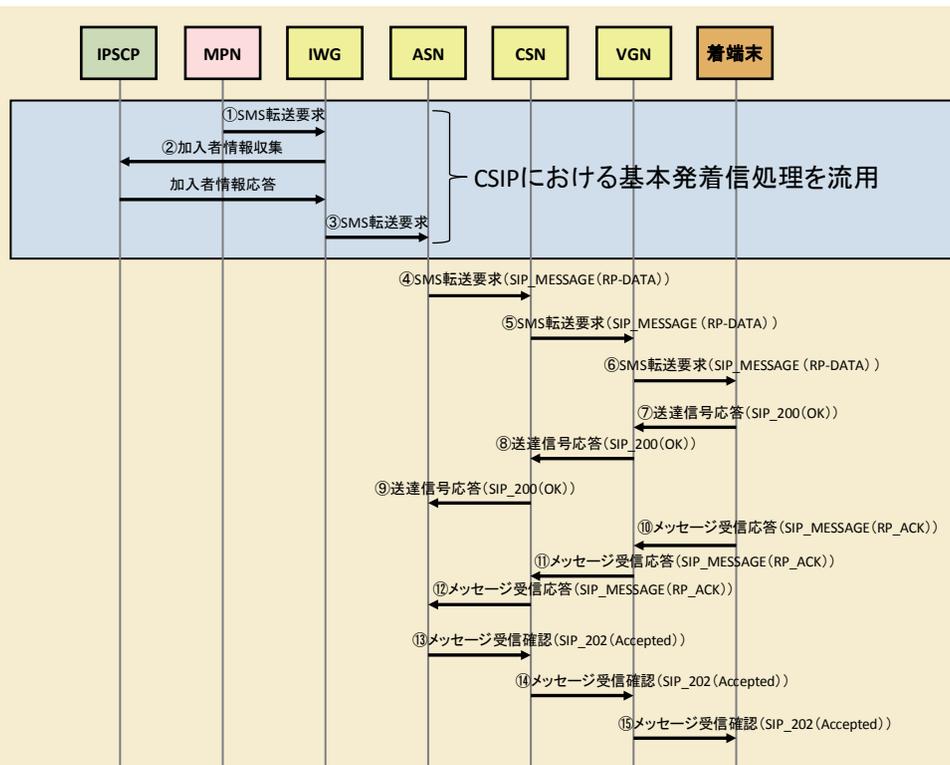


図15 VoLTEにおけるSMS着信処理概要

\*59 TAU: LTEにおける位置登録の更新の手順.  
 \*60 STN-SR: SRVCC時にVGNを選択するための要素.  
 \*61 Combined位置登録: 回線交換網とパケット交換網の両方に位置登録を行うこと. パケット交換網は, 3GまたはLTEの可能性がある.

\*62 RNC: 無線ネットワーク制御装置. FOMAネットワークにおいて3GPP上規定されている無線回線制御や移動制御を行う装置.  
 \*63 位置登録 (RAU): 3Gパケット交換における位置登録の更新の手順.

⑭). なお、この時点では音声通話中のためPS単独位置登録となり、終話後にCombined位置登録を実施する。SINはRNCからの3Gへの無線切替完了通知を受信すると(図16⑩), VGNに対し無線切替完了通知を実施する(図16⑪~⑬)。MMEはSINから無線切替完了通知を受信するとVoLTE通信時に音声信号を送受信するベアラであるDedicated Bearerを解放し(図16⑮⑯) SGSNに確立中ベアラを通知する(図16

⑰)。SGSNは残存させるベアラを決定し(図16⑱), それ以外のベアラを解放する(図16⑲)。例えば、LTEでIMS APNとspモードAPNに接続している状態でSRVCCを実行した場合は、SGSNにおける音声用のベアラは3GではCSドメインで継続するので不要と判断し、IMS APNを切断する。

Dedicated Bearer解放要求を受信したVGNはASNに対して、LTE-3G切替通知を行い(図16⑳), 着端末とコーデック変更処理の実施を行

う(図16㉑)。

ドコモの場合、3Gに遷移することで、コーデックが変更となるのでその変更処理を必要とする。コーデック変更処理が完了次第、発着端末間で通信可能となる。

(4)ビデオコール

(a)ビデオコール発着信概要

ビデオコールの基本的な接続手順は音声発着信と同じである(図17)。音声発着信と異なる点は、発着端末からの発信要求信号にビデオ発信と指定すること(図17①),

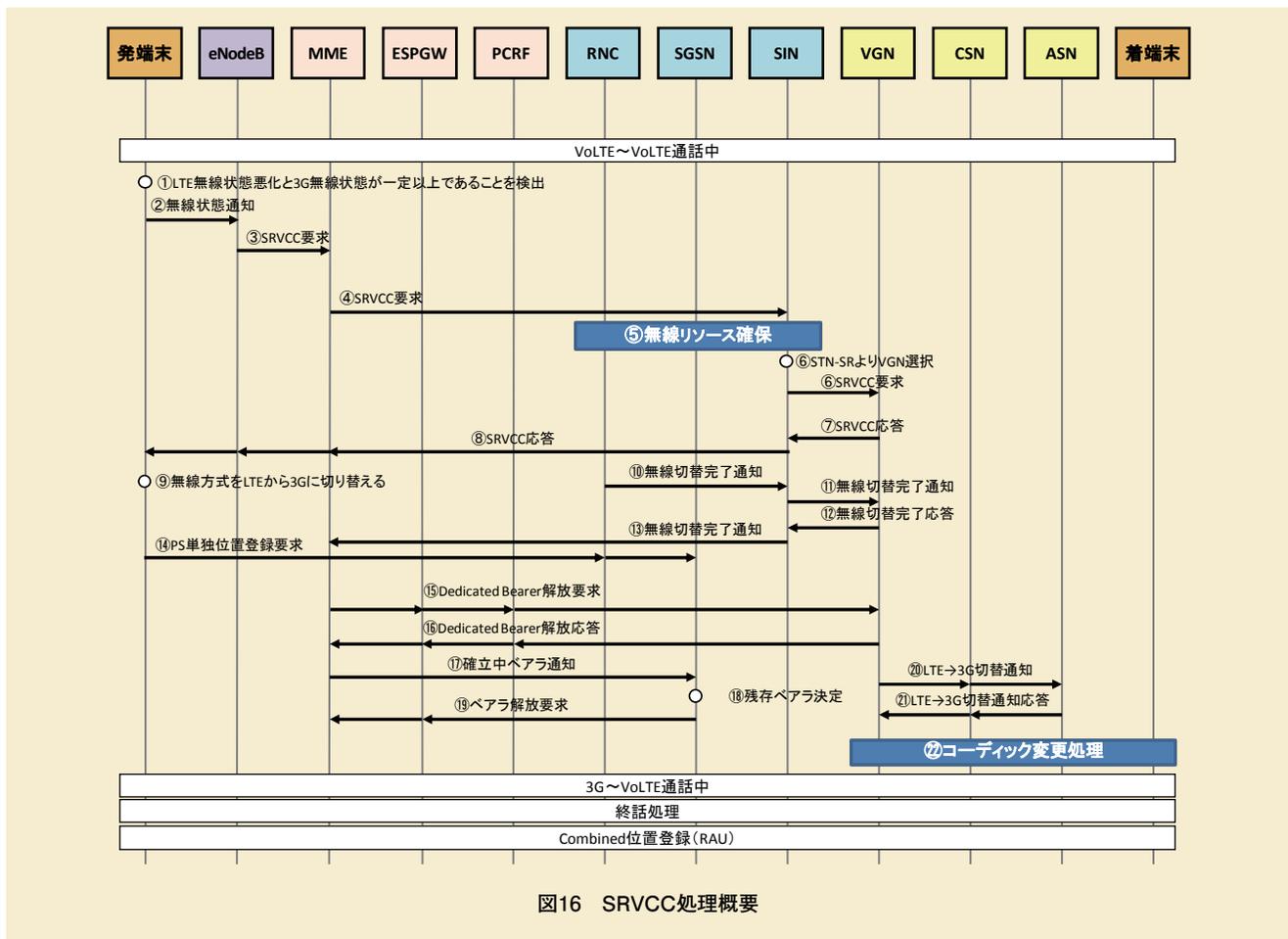


図16 SRVCC処理概要

音声通話用ベアラを確立する際に映像用ベアラも同時に確立すること（図17⑥⑧）、音声通話と帯域量が異なるためビデオコールで使用する帯域に応じた管理を行うこと、ビデオコールを意識したサービス制御を行うこと（図17④）である。

(b)音声⇄ビデオコール切替処理概要

VoLTEのビデオコールでは3GのTV電話と同じように、音声通話とビデオ通話の切替えが可能である。3GのTV電話ではCC (Call Control) \*64をベースとした3GPP標準であるSCUDIF (Service Change and UDI Fallback) \*65機能で実現していたが、VoLTEのビ

デオコールではSIPのセッション更新機能で実現している。発端末はビデオコール切替要求を発VGNへ送信する。ビデオコール切替要求であることを認識した発VGNは着端末へビデオコール切替要求を送信する（図18①）。着端末はビデオコール切替要求を認識し、着加入者のビデオコール切替許可／非許可を含んだ切替応答を着VGNへ送信する（図18②）。着VGNはビデオコール切替許可の場合に、映像用ベアラを追加で確立する（図18③）。その後着VGNは発VGNまで切替応答を送信し、同様に映像用ベアラを確立し切替応答を発端末へ送信することでビ

デオコール切替が完了する（図18④～⑥）。ビデオコール通話中から音声通話へ切り替える場合も、本手順と同様に行う。

## 6. あとがき

本稿では、VoLTE開発に至った背景、VoLTEのアーキテクチャ概要と機能的特徴、基本制御方式について解説した。本開発により、高音質通話、スピーディーな発着信、高速マルチアクセスの利用、ビデオコールの利用などさまざまな場面においてユーザの使用感を向上させることができる。

今後はVoLTE開始に伴いLTEへのシフトが加速することから、3G

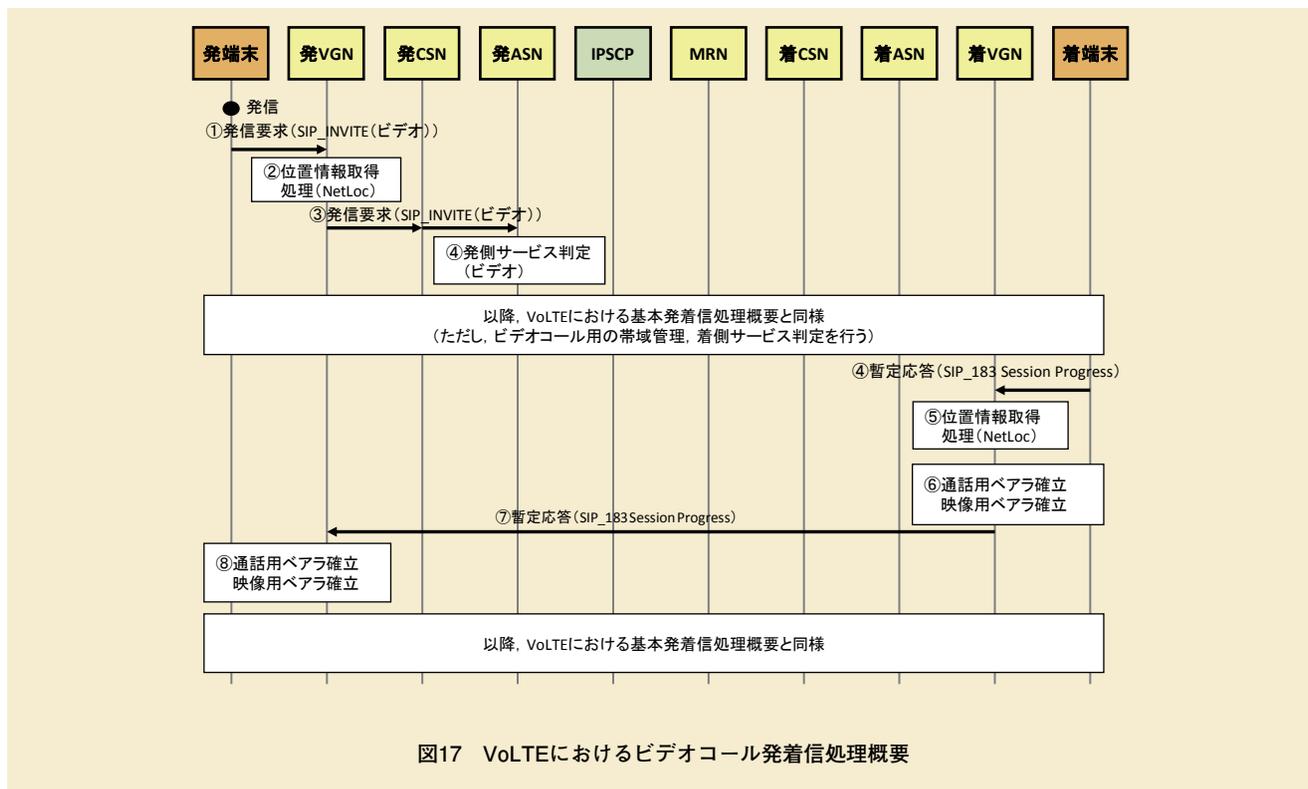


図17 VoLTEにおけるビデオコール発着信処理概要

\*64 CC：回線交換において発信や着信などの呼を制御するためのプロトコル。  
 \*65 SCUDIF：3GPP R5で規定されている回線交換呼の通信中にベアラを切り替える方式。

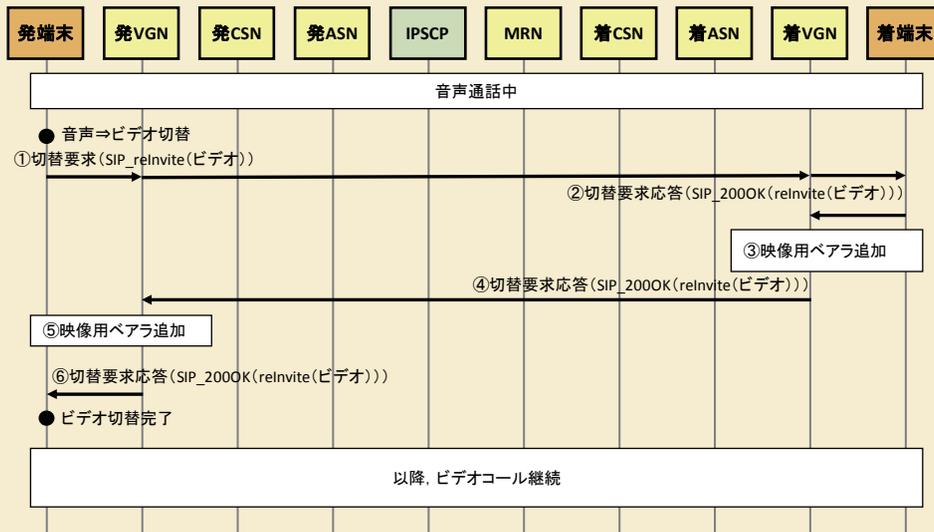


図18 音声⇒ビデオコール切替処理概要

トラフィック減少を見据えた中長期的な3G装置の効率的な収容方式、設備低減方式を検討するとともに、VoLTEローミング・相互接続などのVoLTEサービス拡大の検討を進めていく予定である。

#### 文献

- [1] GSMA PRD IR.92 : “IMS Profile for Voice and SMS,” Mar. 2013.
- [2] 嶋田, ほか : “サービスの高度化と効率化に向けたFOMA音声ネットワークIP化の開発,” 本誌, Vol.18, No.1, pp.6-14, Apr. 2010.
- [3] 3GPP TS23.272 V8.6.0 : “Circuit Switched (CS) fallback in Evolved Packet System (EPS); Stage 2,” Dec. 2009.
- [4] VoLGA Forumホームページ.  
<http://www.volga-forum.com/>
- [5] 田中, ほか : “VoLTE Profileの標準化概要,” 本誌, Vol. 19, No. 4, pp.45-50, Jan. 2012.
- [6] 3GPP TS23.203 V9.13.0 : “Policy and charging control architecture,” Sep. 2013.
- [7] GSMA PRD IR.94 : “IMS Profile for Conversational Video Service,” Mar. 2013.
- [8] IETF RFC 3550 : “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications,” Mar. 2013.
- [9] IETF RFC 5104 : “Codec Control Messages in the RTP Audio-Visual Profile with Feedback (AVPF),” Mar. 2013.
- [10] IETF RFC 3095 : “RObust Header Compression (ROHC):Framework and four profiles: RTP, UDP, ESP, and uncompressed,” Jul. 2001.
- [11] 3GPP TS36.321 V9.6.0 : “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control (MAC) protocol specification,” Mar. 2012.
- [12] 3GPP, TS36.323 V9.0.0 : “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) specification,” Feb. 2010.
- [13] 3GPP TR23.842 V11.0.0 : “Study on Network Provided Location Information to the IMS; Stage 2,” Dec. 2011.
- [14] 3GPP TS23.237 V11.0.0 : “IP Multimedia Subsystem (IMS) Service Continuity; Stage 2,” Mar. 2011.
- [15] IETF RFC 3312 : “Integration of Resource Management and Session Initiation Protocol (SIP),” Oct. 2002.
- [16] IETF RFC 2327 : “SDP: Session Description Protocol,” Apr. 1998.
- [17] 3GPP TS24.341 V8.5.0 : “Support of SMS over IP networks; Stage 3,” Dec. 2010.
- [18] 3GPP TS23.216 V9.9.0 : “Single Radio Voice Call Continuity (SRVCC); Stage 2,” Mar. 2012.