

Technology Reports

ホームUサービスのシステム開発

自宅などのブロードバンド環境とFOMA／無線LANデュアル移動端末にて、高速パケット通信や定額音声通話が可能となるコンシューマ向けサービス「ホームU[®]*1」提供のためのシステム開発を行った。

ネットワーク開発部

やまうち ぶんしん くにとも こういちろう
山内 文進 國友 宏一郎
うちやま けん† いまい さとる
内山 健 今井 識

1. まえがき

近年の家庭向けインターネット回線のブロードバンド（高速大容量）化やIP（Internet Protocol）技術の進化により実現した動画配信サービスやIP電話（VoIP：Voice over IP）サービスは、コンシューマ向けにも広まりつつある。また従来、屋外で利用するのが常識であった携帯電話が、今ではパーソナルなツールとして、家庭内でも利用されることが一般化してきている。さらに音楽や動画などのリッチコンテンツについても携帯電話からの利用が浸透しつつある。

これまでドコモが提供してきたIP電話サービスとして、2006年11月にサービスを開始した法人向け構内ソリューションである「ビジネスmopera IPセントレックス」[1]がある。

これに対し、一般のFOMAユーザ向けに、自宅などのユーザの利用環境で、既設固定ブロードバンド回線（以下、BB回線）と無線LAN（以

下、WLAN：Wireless Local Area Network）ルータ（以下、HGW：Home GateWay）を利用し、FOMA／無線LANデュアル移動端末「N906iL onefone[™]（ワンフォン）*2」（以下、onefone）[2]で高速パケット通信や定額IP電話が可能となる「ホームU」を、ケータイブロードバンドの先駆けとして2008年6月より提供開始した。

本稿では、ホームUのサービス概要、システム概要およびサービス実現方式について解説する。

2. ホームUサービス概要

2.1 提供サービス

ホームUのサービスイメージを図1に、ホームUにて利用可能となるサービスを以下に示す。

①高速パケット通信サービス

無線LANを用いた高速パケット通信を可能とした。onefoneはIEEE 802.11a/b/g（Institute of Electrical and Electronics Engineers 802.11a/b/g）*3に対応しており、送受信時最大54Mbit/s

（規格値）のパケット通信を可能としている。

②IP電話サービス

FOMAにて利用している携帯電話番号（090/080番号）に加え、ホームU用に新たにIP電話番号（050番号）が付与され、050番号を用いたVoIP通信を可能とした。また、FOMAで提供しているネットワークサービスのうち、特に必要性の高いサービスについてFOMAと同様に利用可能とした。

2.2 サービス要件

ホームUのサービス要件について以下に示す。

- ・ユーザ宅内のBB回線に接続したHGWにより形成される「ホームUエリア」により、携帯電話の利用が一日の生活の中でもっとも突出している「家」という空間、すなわちホームゾーンでの付加価値を提供する。
- ・音楽や動画などの大容量コンテ

† 現在、研究開発推進部

*1 ホームU[®]：(株)NTTドコモの登録商標。

*2 onefone[™]（ワンフォン）：(株)NTTドコモの商標。

*3 IEEE 802.11a/b/g：IEEEで規定された無線LAN規格。それぞれ5.2GHz帯／2.4GHz帯の周波数を利用し、通信速度最大54Mbit/sをサポートする。

- ・ ネットワークを高速処理し快適性（サクサク感）を向上させる。
- ・ VoIP通信に対応し、通話料金を低廉化する。
- ・ ホームU導入時の設定操作をより簡便にする。
- ・ 電気通信事業法の規定に基づく技術基準に関する省令[3]におけるIP電話の総合品質要件である「クラスC」以上を保证する。なお、IP電話の品質クラス分類^{*4}を表1に示す[4]。
- ・ FOMAと同レベルの高度なユーザ認証を実施する。また

onefoneとホームU網とでIPsec (IP security) トンネルを確立する。

3. システム概要

ホームUサービスの実現にあたっては、前述のサービス要件を踏まえ、3GPP (3rd Generation Partnership Project) 準拠のIMS (IP Multimedia Subsystem)^{*5} [5]、およびI-WLAN (Interworking-Wireless Local Area Network)^{*6} [6]をベースに、機能配備やシステム設計を行った。

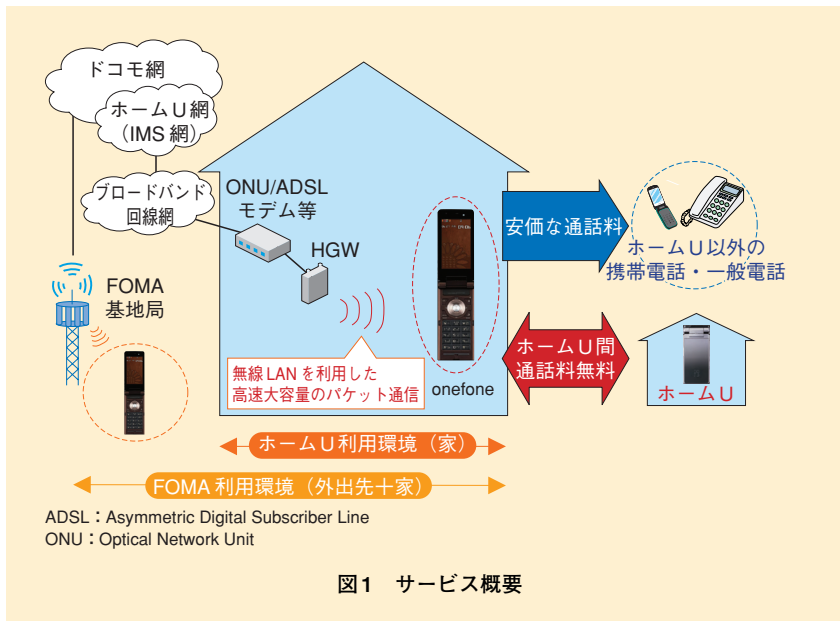


表1 IP電話の品質クラス分類

	クラスA (固定電話並み)	クラスB (携帯電話並み)	クラスC
総合音声伝送品質率 (R値) ^{*1}	>80	>70	>50
エンド・トゥ・エンド遅延	<100ms	<150ms	<400ms

^{*1} R値：ITU-T G.107で規定された、ネットワークや端末の品質から算出される値。
雑音感、音質感、エコー・遅延、途切れ感などを考慮し、20種類の入力パラメータから算出される。
^{*}表中の数値は95%の確率で満足させるものとする。

^{*4} IP電話の品質クラス分類：クラスAは従来の固定電話と同等の品質条件を満足すること、クラスBは携帯電話と同等の品質であること、クラスCは最低限の通話が維持できるレベルを示す（ここでの固定電話並み、携帯電話並みとは、それぞれ通話品質のうち総合音声伝送品質率（R値）に注目した場合を表し、エンド・

トゥ・エンド遅延やその他の機能などについて既存の固定電話並みまたは携帯電話並みを求めるものではない。

^{*5} IMS：3GPPで標準化された、固定電話網や移動通信網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（*7参照）で統合し、マルチメディアサービスを実現させる

3.1 システム構成

ホームU網のシステム構成を図2に示す。今回の開発により、IPsecトンネル（以下、IPsec SA：Security Association）の終端などを行うPDG (Packet Data Gateway)、SIP (Session Initiation Protocol)^{*7}のセッション制御を行うCSCF (Call State Control Function)、IMSサービスを実現するAS (Application Server)、認証や加入者情報の管理を行うAAA (Authentication, Authorization and Accounting) およびHSS (Home Subscriber Server)、またHSSの特定を行うSLF (Subscriber Locator Function) などについてホームU網への機能配備を行った。

なお、FOMA網などのPLMN (Public Land Mobile Network) やPSTN (Public Switched Telephone Network) など、既存の回線交換網との相互接続を行うためのMGCF (Media Gateway Controller Function) およびMGW (Media GateWay)、またガイダンス再生などメディア処理を司るMRF (Media Resource Function) については「ビジネスmopera IPセントレックス」システムに配備された機能を活用している。また、PPPoE (Point-to-Point Protocol over Ethernet)^{*8}の認証を行うRADIUS (Remote Authentication Dial In User Service)^{*9}サーバについては「mopera U^{*10}」[7]システムに配備された機能を活用することで、効率的な機能配備および迅速なサービス提供を可能とした。

る通信方式。

^{*6} I-WLAN：3GPPで標準化された、3GPPシステムと無線LANとの相互連携のための規格。

^{*7} SIP：VoIPを用いたIP電話などで利用される、IETF (Internet Engineering Task Force) で策定された通話制御プロトコルの1つ。

また、onefoneのプロファイル設定を容易に行うために、プロファイル生成機能およびプロファイルダウンロード（以下、プロファイルDL：Download）機能を実現するプロファイルDLサーバをFOMA網に配備した。

3.2 常時接続

ドコモでは2005年11月にサービスを開始したPoC（Push-to-Talk over Cellular）^{*11}サービスである「プッシュトーク」[8]においてIMSを導入している。プッシュトークではIMS網への接続ベアラとなるIP-CAN（IP Connectivity Access Network）^{*12}として、FOMAパケット（GPRS：

General Packet Radio Service）網を用い、また無線リソースの効率利用の観点から発着信の都度、ベアラの設定およびIMS網への登録（Registration）を行っていた。

これに対し、ホームUではIP-CANとしてWLANおよびBB回線網を用いる点や、ホームUエリアに在圏時は常にベアラ確立状態かつIMS網に登録済み状態となる点が異なる。少人数で無線リソースの占有が可能であるWLANベアラの特長を活かし、ホームU網への常時接続を行うことで、IP電話およびパケット通信のセッション確立時間短縮を可能とした。

3.3 品質制御機能

ホームUでは、WLANやBB回線網を用いてVoIP通信を提供するため、遅延やゆらぎなどによる音声品質劣化のリスクがある。また、データ通信との混在環境では通話品質が劣化することが知られている。そのため、ホームUでは音声品質確保のためCAC（Call Admission Control）機能やQoS（Quality of Service）制御機能を実装している。

CAC機能は1台のHGW配下に、在圏可能なonefoneの台数を制限している。HGWではNAPT（Network Address Port Translation）が行われるため、1台のHGW配下に存在するonefoneは端末ごとに異なるRemote IPアドレス^{*13}をもつことになる。PDGでは、HGWのWAN（Wide Area Network）側グローバルIPアドレスに対してRemote IPアドレスを紐付けて管理することで、1台のHGW配下に在圏するonefone台数管理を可能とした。

また、QoS制御機能として、PDGにて下り（ホームU網からonefoneへ）パケットのRemote IPヘッダ上のToS（Type of Service）/DS（Differentiated Services）^{*14}フィールドを、Transport IPヘッダ上のToS/DSフィールドにマッピングする。これによりWMM（Wi-Fi MultiMedia）^{*15}対応のHGWは、下りパケットのうち音声パケットを最優先でonefoneに送信することが可能となる。またonefoneにおいてもWMMに対応することで、上り（onefoneからホー

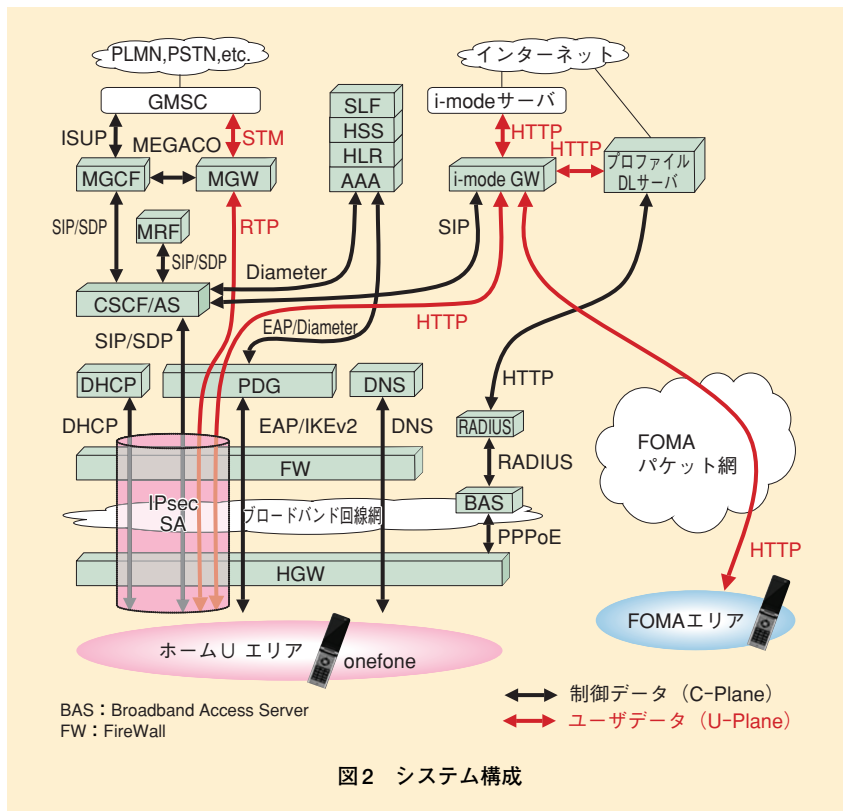


図2 システム構成

* 8 PPPoE：IETFで標準化されたEthernet上でPPPを利用するためのプロトコル。
 * 9 RADIUS：IETFで標準化されたネットワーク利用者の認証と利用記録を一元的に扱うためのプロトコル。
 * 10 mopera U：(株)NTTドコモのFOMAユーザ向けインターネット接続サービス。

* 11 PoC：OMAなどで標準化された、移動端末をトランシーバのように利用する、半二重型の音声通信サービス。
 * 12 IP-CAN：IMS網に接続するためのアクセスネットワーク。

* 13 Remote IPアドレス：本稿では、ホームU網と通信を行うためonefoneに割り振られるIPsec SA内プライベートIPアドレスを指す。
 * 14 ToS/DS：IPパケットのヘッダ中に含まれるフィールドの1つ。QoS制御のために、パケットの優先度を指定するもの。

ムU網へ) パケットについては音声パケットを最優先として扱う[9]。

本機能により、WLAN区間において上下双方向の音声パケットをデータ通信パケットより優先して送受信することで、データ通信との混在環境においても高品質な通話を可能とした。

3.4 セキュリティ機能

ホームUでは、WLANやBB回線網を利用するためユーザの通信を守る各種のセキュリティ機能を実装している。

ユーザ宅内のWLAN区間では、基本的にWPA2-PSK (Wi-fi Protected Access 2 Pre-Shared Key)^{*16}などを用いて無線区間の秘匿を実施している。また onefone と PDG 間では ESP (Encapsulating Security Payload)^{*17}を用いてパケットの秘匿や改ざんの検知を実施している。 onefone ・ PDG ・ サーバ間のプロトコルスタックについて図3に示す。

また認証についてIPsec SA確立時にFOMAカード (UIM : Universal Identity Module) 内の情報を用いたEAP-AKA (Extensible Authentication Protocol-Authentication and Key Agreement)^{*18}認証を自動的に実施することで、一般のISPが提供するVoIPサービスと異なり、ユーザがID/Passwordをその都度入力することなくFOMAと同レベルの高度なユーザ認証を可能としている。

4. サービス実現方式

ホームUサービスを提供するために配備した機能について述べる。

4.1 事前通信設定

ホームUでは、VoIP通信やi-mode通信を行う前段で、各種の事前設定を行う。

(1) プロファイルDL機能

onefone は、ホームU網接続のためにESSID (Extended Service Set Identifier)^{*19}などのWLAN接続プロファイルおよびホームUにおける電話番号となるSIPアドレス (Public User Identity : 050 番号 @ domain) などのSIP接続プロファイルの設定が必要となる。

プロファイルDL概要を図4に示す。 onefone は、FOMAパケット網を利用してHTTP (Hyper Text Transfer Protocol) にて前述のプロファイルDLサーバに接続する (プロファイルDL認証要求)。 プロファイル

DLサーバではホームU対応端末であることの確認、ホームU契約有無の確認およびネットワーク暗証番号による認証を実施する。その後、onefoneからのプロファイル取得要求受信時に (プロファイルDL要求)、ユーザごとに異なる情報 (ESSID, SIPアドレスなど) とユーザによらず固定の情報 (プロファイル名、セキュリティ方式など) を生成し (プロファイル生成)、onefone にダウンロードを行うことにより、必要な情報を簡易に設定することを可能とした (プロファイル設定) [9]。

また、パソコンにおいて「ホームU設定ソフト」を利用し、インターネット経由でプロファイルDLサーバに接続することで、onefoneだけでなく、HGWにもESSID・セキュリティ方式・PPPoE情報などのプロファイル設定を可能とした。

(2) IP-CANの確立

ホームUでは、ユーザ宅内のHGWとホームU網をBB回線網を

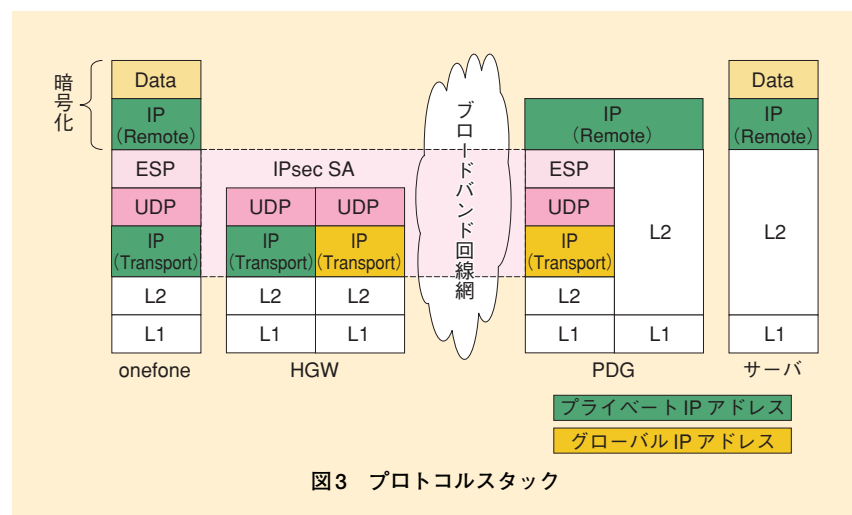


図3 プロトコルスタック

* 15 WMM : IEEE 802.11a/b/g対応製品を保証したWi-Fi (Wireless Fidelity) において、データ優先処理や省電力機能などを規定した規格。

* 16 WPA2-PSK : Wi-Fiにおける無線LANセキュリティ方式の規格。IEEE 802.11iに準拠し、WPAとの下位互換性を有する。

* 17 ESP : IETFで標準化された、IPパケットの認証および暗号化を行う。

* 18 EAP-AKA : IETFで標準化された第3世代移動通信システムの認証と鍵共有方式。

* 19 ESSID : IEEE 802.11におけるネットワーク識別子。同一のESSIDを利用するアクセスポイントと無線LAN端末が通信可能となる。

介して接続する。そのためホームUでは、事前にHGWよりPPPoEリンクを確立し、ホームU網へ接続可能な状態とする。

(3)IPsec SAの確立

onefoneは、ホームUエリアに在圏することで、事前に設定されたプロファイルに従いHGWとの間でWLAN接続を実施する。

WLAN接続プロファイルがホームU用のプロファイルであった場合には、PDGとの間でIKEv2 (Internet Key Exchange version 2) *20によりIPsec SAを確立する。

IPsec SAの確立に先立ち、onefoneはプロファイル上に設定されているDNS (Domain Name System) サーバに対してW-APN (WLAN Access Point Name) の解決を要求し、IPsec SAを確立するPDGを特定する。

また、onefoneはIPsec SAの確立を行う際に、IKEv2のペイロードに

移動端末種別を識別する情報を設定することで、ホームU網上で移動端末の能力に応じたサービスの提供を可能としている。

ホームUでは、ホームUエリアがユーザ宅内のプライベートIPネットワークとなる。前述のようにonefoneからPDGの間でNAPTが行われることとなるため、NAT-T (Network Address Translation-Traversal) *21を用いUDP (User Datagram Protocol) ヘッダを付加することで、HGW配下に在圏するonefoneとPDG間でIPsec SAの確立を可能とした(図3)。

(4)SIP Registration

onefoneはIPsec SAの確立に引き続きSIP Registrationを行う。onefoneはIPsec SA確立時に取得したDHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) サーバに対して、P-CSCF (Proxy-CSCF) のアドレスを問い合わせる。

onefoneは、ホームU網から通知されたP-CSCFアドレスに対してSIP REGISTERメソッド (以下、REGISTER) を送信する。REGISTERを受信したP-CSCFでは、I-CSCF (Interrogating-CSCF) へREGISTERを送信する。I-CSCFはSLF/HSSにDiameter *22を用いてS-CSCF (Serving-CSCF) アドレスを問い合わせた後、適切なS-CSCFへREGISTERを送信する。S-CSCFでは、HSSへDiameterを用いてRegistration処理を実施した後にユーザごとのプロファイルを保持し、また、REGISTERに対する応答をP-CSCFを介してonefoneに送信する。

4.2 i-mode 通信制御

ホームUにおいては、FOMA i-modeで提供しているサービスのうち、サイトアクセスなどのユーザ操作を契機に通信を行うサービス、およびi-modeメール受信やiチャンネル *23受信などのドコモ網側からonefoneへのPushを契機に通信を行うサービスの両方を提供可能とした。また、ユーザによる端末操作によりホームUエリア内からFOMAにて通信を行うことも可能としており、FOMAでの通信であるかホームUでの通信であるかをドコモ網側で判定して、それぞれに適応したサービスを提供することを可能としている。

(1)ホームU i-mode接続

IPsec SA確立時において、PDGよりi-mode GW (GateWay) にユーザ情報が通知され、i-mode GWはユー

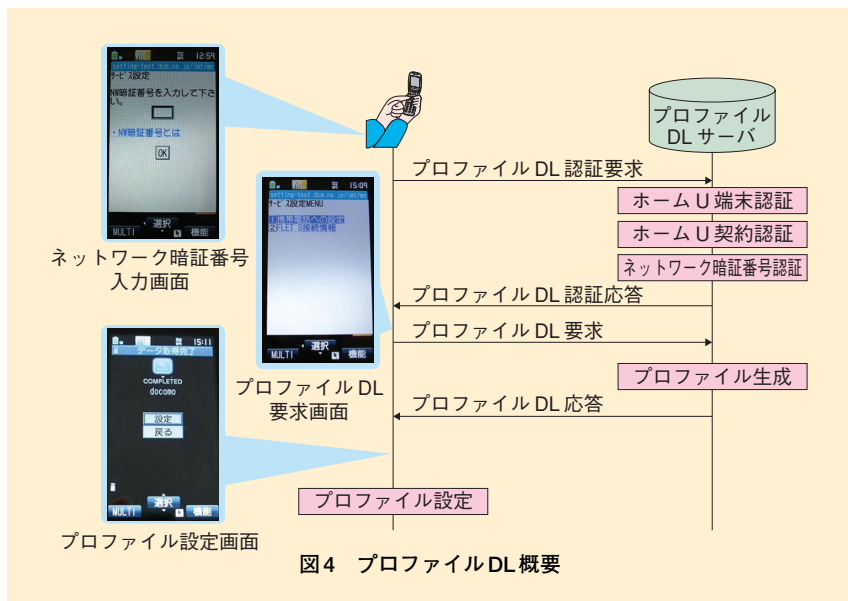


図4 プロファイルDL概要

* 20 IKEv2 : IETFで標準化された、鍵管理プロトコル。

* 21 NAT-T : IETFで標準化されたNAT環境下においてSIPを利用可能とする技術。

* 22 Diameter : IETFで標準化された、RADIUSの改良版プロトコル。

* 23 iチャンネル : (株)NTTドコモのFOMA i-mode ユーザ向け情報配信サービス。

ザの状態を保持する。

ホームUにおいては、ホームU i-mode通信とFOMA i-mode通信をi-mode GWにて収束させ、Push発生契機（メール着信など）のPushを行う通信経路を、FOMA/ホームUのいずれにするか、Pushサービスの種別（メール/iチャネルなど）およびユーザのFOMA/ホームU在圏状態に応じて、i-mode GWにて選択する方式としている。

(2)Push方式

i-modeメール受信やiチャネルの情報更新の契機となるPushを、ホームU網を介してonefoneへ行うための方式として、OMA（Open Mobile Alliance）^{*24}で標準化されたSIP-Pushを採用した[10]。OMA SIP-Pushには複数の方式が規定されているが、ホームU網ではonefoneのSIP Registration処理を簡略化するため、SIP MESSAGEメソッド（以下、MESSAGE）を用いる方式を採用した。SIP-PushのためのMESSAGEはi-mode GWにて生成され、I/S/P-CSCFを介してonefoneへと到達する。i-mode GWでは、ユーザがホームUエリアにてIPsec SA確立状態であれば基本的にホームU網経由でonefoneへのPushを行うが、FOMA網経由でサイトアクセスやメール取得などのi-mode通信を行っている場合は、これらの通信と同一の経路にてFOMA網経由でPushを行う。

また、PDGよりonefoneに対して周期的なヘルスチェックにより圏外を検出しているが、圏外移行と圏外

検出の時間差によりSIP-Pushが失敗した場合はカバーするため、SIP-Push失敗時にはFOMA網より再度Pushを行う機能をi-mode GWにて実装している。

4.3 VoIP 通信制御

IP電話サービスを実現するVoIP通信制御について以下に述べる。

(1)網内接続

発側onefoneはホームUエリア在圏時においてWLANモードにて発信した場合、発側onefoneがRegistration時に用いたP-CSCF（以下、発側P-CSCF）に対してSIP INVITEメソッド（以下、INVITE）を送信する。発側P-CSCFでは発側onefoneが在圏しているS-CSCF（以下、発側S-CSCF）へINVITE送信する。発側S-CSCFでは番号翻訳テーブルにより自網の番号帯（ホームU用050番号帯）と判断した場合に、SLF/HSS問合せにより着側onefoneが在圏しているS-CSCF（以下、着側S-CSCF）を導出し、着側S-CSCFに対してINVITEを送信する。着側S-CSCFがP-CSCFを介して着側onefoneにINVITEを送信することで着側onefoneに着信して、オフフック動作によりINVITEに対する応答が発着P/S-CSCFを介して発側onefoneに送信されることでVoIPセッションが確立する。

また、VoIPセッション確立手順においてINVITEやその応答のボディ部に設定されるSDP（Session Description Protocol）のoffer/answer

モデルによりメディア情報のネゴシエーションを併せて実施することで、VoIPセッション確立後にRTP（Real-time Transport Protocol）^{*25}パケットは発着端末間にて直接送受信される。なお音声コーデックについては基本的に μ -law^{*26}（ITU-T G.711）を利用することで、PSTNと同レベルの高品質な音声通話を実現している。

またVoIP通信中においてはP-CSCFよりonefoneに対し短間隔でSIPによるヘルスチェックを実施することで、早期の圏外検出とonefoneの消費電力軽減の両立を可能としている。

(2)他網接続

ホームU網ではSIP/RTPといったIPプロトコルを用いてVoIPによる音声通話を実現しているため、FOMA網などの既存回線交換網との相互接続時はISUP（ISDN User Part）/STM（Synchronous Transfer Mode）信号へのインタワークが必要となる。発信時に、S-CSCFが番号翻訳テーブルにて他網の番号帯と判断した場合は、S-CSCFはMGCFにINVITEを送信し、MGCFにてSIPからISUPへ変換する。また、MGWとMEGACO（Media Gateway Control）を用いて同期をとりRTPからSTMへ変換することで、既存網との相互接続を可能としている。

なお、他網からホームU網への着信については、GMSC（Gateway Mobile-services Switching Center）からのISUP IAM（Initial Address Mes-

* 24 OMA：移動通信向けのサービス、アプリケーション実現技術の標準化および相互接続性の確保を目的とした業界標準化団体。

* 25 RTP：IETFで標準化された、音声や映像などをリアルタイムに配信するためのプロトコル。

* 26 μ -law：ITU-Tで標準化された、音声符号化における圧縮方式の1つ。14bitの無圧縮PCMデータを8bitに圧縮する。

sage) 信号がMGCFにて変換され、I-CSCFにINVITEとして送信される。I-CSCFではDiameterを用いてSLF/HSS問合せを実施し、着側S-CSCFへINVITEを送信する。その後は前述と同じく、P-CSCFを介してonefoneへINVITEが到達することで着信が可能となる。

5. あとがき

本稿では、ホームUのサービス概要、システム概要およびサービス実現方式について解説した。ホームUにより、ホームゾーンでの携帯電話の利便性が向上されると期待される。

今後はホームネットワークとの連

携、また在圏状態と連動した最新情報、大容量コンテンツの自動配信といったホームUの特性を活かしたサービス拡張を検討していく予定である。

文 献

- [1] 的場, ほか: “ビジネスmopera IPセントレックスサービスのシステム開発,” 本誌, Vol.14, No.4, pp.6-12, Jan. 2007.
- [2] 森永, ほか: “FOMA/WLANデュアル端末 (onefone) の開発,” 本誌, Vol.16, No.3, pp.13-17, Oct. 2008.
- [3] 総務省: “事業用電気通信設備規則の細目を定める件”
- [4] 総務省: “IPネットワーク技術に関する研究会 報告書,” Feb. 2002.
- [5] 3GPP TS 23.228: “IP Multimedia Subsystem (IMS) ;Stage 2”
- [6] 3GPP TS 23.234: “3GPP system to Wireless Local Area Network (WLAN) interworking; System description”
- [7] 竹原, ほか: “ビジネス向けサービスを拡充するM1000およびMAPSの開発,” 本誌, Vol.13, No.2, pp.55-61, Jul. 2006.
- [8] 吉田, ほか: “PushTalkサービスのシステム開発,” 本誌, Vol.13, No.4, pp.6-13, Jan. 2006.
- [9] 森永, ほか: “FOMA/無線LANデュアル端末N902iLの開発,” 本誌, Vol.15, No.2, pp.12-19, Jul. 2007.
- [10] OMA: “Push using SIP”