

HGWの装置アーキテクチャと構成技術

布施雅明* 西尾俊介*
高田佳典** 藤原秀治***

Architecture and Technology of HGW

Masaaki Fuse, Yoshinori Takada, Hideharu Fujiwara, Shunsuke Nishio

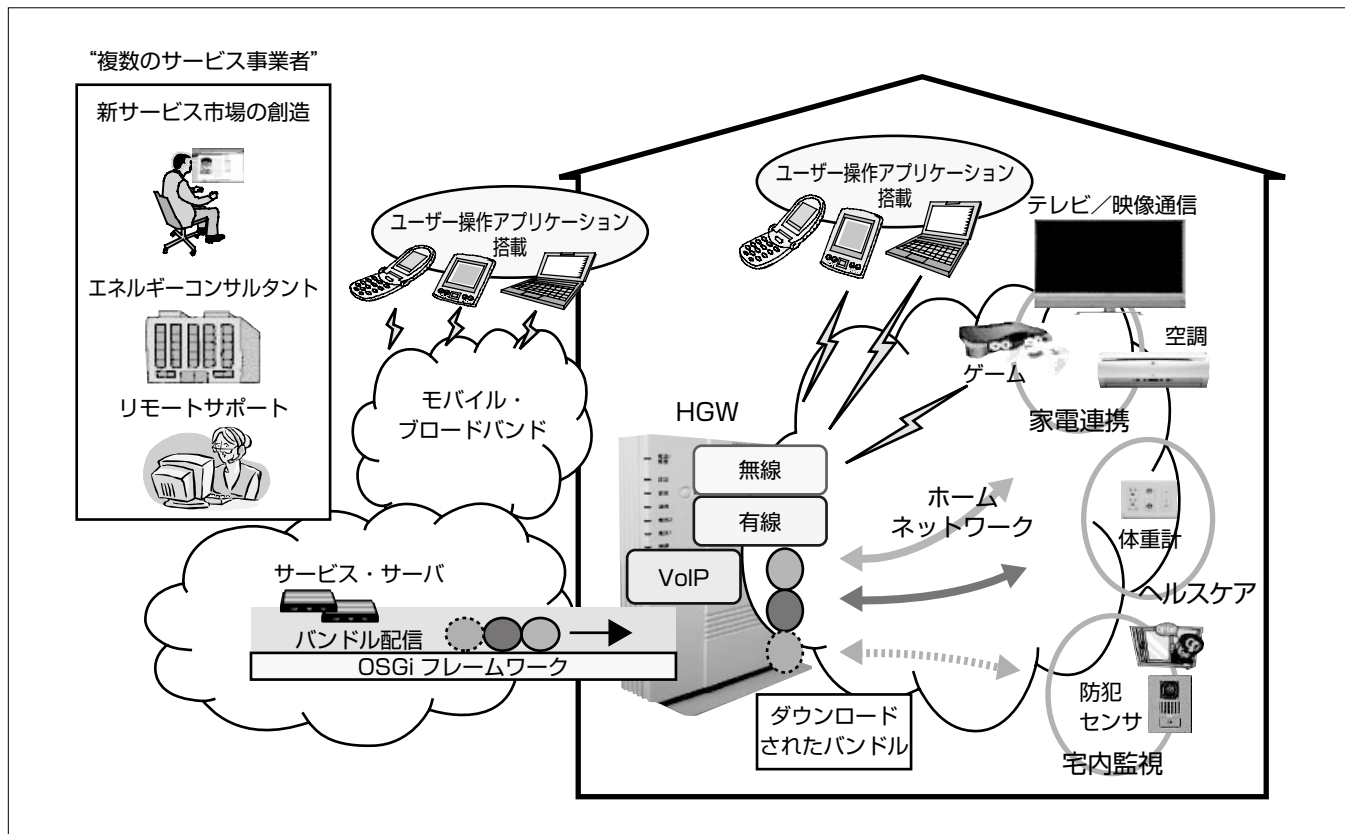
要 旨

次世代ネットワーク (Next Generation Network : NGN) 普及の次ステップとして、新たな付加価値を生み出すサービスの提供が始まりつつある。とくに、映像、センサ、カメラなど高度化する宅内機器とネットワークを連携させるホームICT (Information and Communication Technology) サービスの実用化が注目を集めている。ホームICTでは、多様なプロトコルを持つ宅内機器を宅内に配置したHGW (Home GateWay) が終端し、HGWがネットワーク内のサービス・サーバと連携することで、遠隔ユーザー間での映像共有などの家電連携、センサによる宅内監視、IT機器のリモートサポート、ヘルスケアなど、多様なサービスを提供する。ホームICTでは将来にわたって進化する宅内機

器やサービスに柔軟に対応する必要がある、まただれもが簡単な操作で、便利に安全に利用できなければいけない。このため、HGWはNGNの基本機能であるVoIP (Voice over IP) 機能やブロードバンド・ルータ機能のほか、各種サービスやプロトコルに柔軟に対応するプラットフォーム機構、ネットワークが配信するアプリケーション (バンドル) を実行するためのOSGi^(注1) フレームワーク機構、各種アプリケーションサービスの暴走などからライフラインとしてのVoIP機能をガードする機構等が要求される。

本稿では今回三菱電機で開発したHGWの装置アーキテクチャと構成技術について述べる。

(注1) OSGi (Open Service Gateway initiative) は、OSGi Allianceの登録商標である。



ホームICTにおけるHGWの位置付け

ホームICTではHGWがネットワーク内の各種サービス・サーバと連携することで、家電連携、宅内監視、リモートサポート、ヘルスケア、エネルギーコンサルタント等、多様なサービスを提供する。このため、HGWはネットワーク内のサービス・サーバがアプリケーションを配信するOSGiフレームワーク機構をサポートする。

◇ 一般論文 ◇

1. ま え が き

三菱電機はホームICTを実現する宅内装置HGWに関する技術の標準化活動、技術研究に取り組み、現在開発を推進している⁽¹⁾。

本稿では、今回開発したHGWの装置アーキテクチャと構成技術について述べる。2章では各種サービスやプロトコルに柔軟に対応可能な装置のアーキテクチャを示し、3章では装置実現のキーとなる、各サービスの連携・調停技術、VoIPの堅牢(けんろう)性技術、高速パケット転送技術について述べる。

2. HGWの装置アーキテクチャ

2.1 装置アーキテクチャ

HGWは将来にわたって進化する宅内機器やサービスに柔軟に対応する必要があり、まただれもが簡易に利用でき、また安心な暮らしをサポートできなければいけない。このため、HGWではNGNの基本機能であるVoIPやブロードバンドルータ機能のほか、各種サービスやプロトコルに柔軟に対応するプラットフォーム構成とする必要がある。これらの要求条件を実現するため、1GワイヤフルレートのIP(Internet Protocol)パケット高速転送が可能なパケット転送エンジン上で、複数の機能を独立に構成・動作可能にする装置アーキテクチャを実現した。

2.2 ソフトウェア・アーキテクチャ

ソフトウェアは、POSA⁽²⁾で紹介されているアーキテクチャ・パターンが広く知られているが、今回のHGW装置の開発にあたり、次に示す2つの要件を考慮して独自のソフトウェア構成を定義した。

①スケラビリティ

日進月歩で進化する新しい技術の取り込みを容易にするため、機能の独立性、拡張性を確保する。

②ポータビリティ

他装置へのポータビリティを確保する。一例として、ONU(Optical Network Unit)にHGWの電話機能を搭載する場合、ルータ機能とVoIP機能に、ONU固有機能を搭載(プラグイン)することで新規装置を実現できる。

図1に示すようにHGWのソフトウェア構成は、マネージャー層、ミドルウェア層、サービス層、アプリケーション層の4階層の構成とした。

(1) マネージャー層

装置固有のハードウェア制御、競合制御を行う装置管理部と、上位層に対してデータベース機能、サービス連携・調停機能を提供するプロパティ管理部がある。これらの詳細については3.1節で述べる。

(2) ミドルウェア層

上位層と密に連携し、上位層が機能を実現するためのプ

ロトコル制御を提供する。

(3) サービス層

HGWがユーザーに提供する各種サービスを実現する。

(a) 無線LANサービス

802.11nなどの無線LAN機能を提供するサービスである。

(b) ホームサーバサービス

DLNA(Digital Living Network Alliance)など、ホームICT機能要素を提供するサービスである。

(c) ルータサービス

ブロードバンドルータ機能に加え、通信事業者特有のサービスを実現するHGWの核となるサービスである。

(b) VoIPサービス

アナログ固定電話、及び、IP電話機能を実現するサービスである。

(e) 保守サービス

通信事業者特有の保守機能を提供するサービスである。

(4) アプリケーション層

サービス層が提供するAPI(Application Program Interface)を使って、装置の設定や高度な応用サービスを提供する。

(a) ユーザーインタフェース

GUI(Graphical User Interface)やテレフォニー機能によって装置の設定や制御を行う。

(b) バンドル

OSGiプラットフォーム上で動作するアプリケーション(以下“バンドル”という。)が、サービス層を駆使することで、家電連携、宅内監視、ヘルスケアなどホームICTサービスをエンドユーザーに提供する。

3. HGWの構成技術

3.1 サービス連携・調停技術

HGWは各種サービスやプロトコルの拡張に柔軟に対応する必要があり、マネージャー層にプロパティ管理部を実

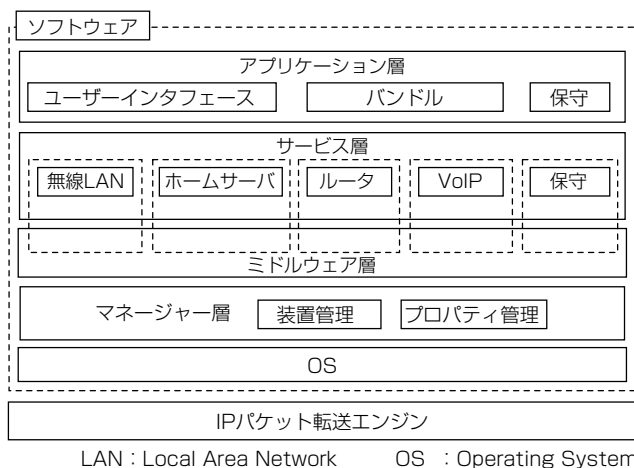


図1. HGW装置アーキテクチャ

装した。プロパティ管理部はデータベース機能とともに、サービス間を接続する通信機能を提供する。この通信機能によって、サービス層に実装するソフトウェアコンポーネントがプラグイン可能となり、スケーラビリティ、ポータビリティを実現する。

図2にプロパティ管理部の動作の一例を示す。無線LANサービスとVoIPサービスは値の変化を知りたい属性をあらかじめプロパティ管理部に購読要求しておく。ルータサービスが属性値を変更すると、無線LANサービスとVoIPサービスに変化通知がなされ、その後、必要な処理を行うことができる。無線LANサービスが存在しない装置を新たに開発した場合、このサービスから購読要求がなされないため、ほかのサービスに変更を加えることなくソフトウェアを構成できる。また、新たなサービスを追加した場合も、新たなサービスから購読要求がなされることで、自動的に必要な属性の変化が通知される。

先に述べたメカニズムは、スケーラビリティ、ポータビリティの観点で柔軟であるが、個々のサービスが完全に独立しているため、装置全体の動作の調停を行うことができない。そこで、プロパティ管理部のメカニズムの長所を維持して装置全体の動作調停機能を実現するために、装置競合制御マトリックスによる解決を図った。

装置競合制御マトリックスには、装置全体の競合制御条件が記述され、プロパティ管理部のデータベースと論理的にリンクしている。サービス層のプログラムは、ある処理を実行するとき、その処理を実行して良いかを装置管理部に問い合わせる。装置管理部は、サービス層が実行したい処理をキーに装置競合マトリックスを検査し、結果をサービス層に返す。

図3に装置競合制御の一例を述べる。緊急呼(110番など)通話中となりVoIPサービスはプロパティ管理部に緊急呼属性を有に設定要求する。その後、ユーザーインタフェースを介して装置のリセットが保守サービスに要求された場合、保守サービスは装置リセットを行ってよいか否かを装置管理部に問い合わせる。装置管理部は装置競合制御マ

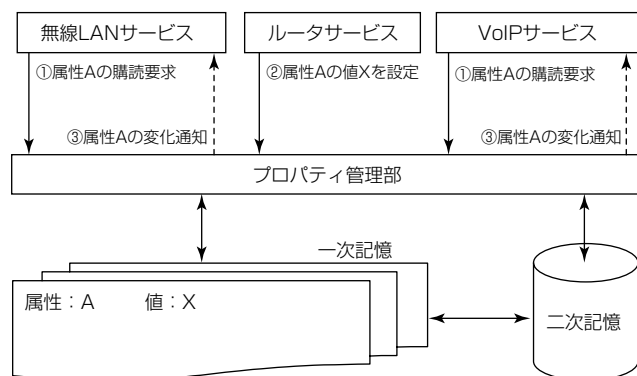


図2. プロパティ管理部

トリックスを検査し、緊急呼通話中であるため、保守サービスに実行不可を返す。

3.2 VoIP堅牢性技術

HGWのアプリケーション層に属するバンドル部は、仮想マシン(VM)、OSGiフレームワークを搭載し、ホームICTを実現する上で必要となるプラットフォームを提供する。また、OSGiフレームワークのみでは実現できないHGW固有の機能を提供するためにNI(Native Interface)を実装している。

ホームICTの各種サービスは、HGWが提供するこのプラットフォーム上で動作するバンドルが提供する。バンドルは、HGWが提供する様々なNIの機能、例えば、HGWの各種設定を行う機能、DLNA機能等を用いて、目的のホームICTサービスを提供する。バンドルは、公開されたAPI仕様に基づき、アプリケーションベンダーが製作し、同仕様に基づいた各社のHGW上で動作する。したがって、バンドルそのものの品質は、HGWベンダーがコントロールすることは不可能であり、その品質等に起因した異常動作により、HGWが提供する他のサービスに及ぼす脅威が考えられる。本HGWではこの脅威への対策をとっており、以下VoIPへの影響を防ぐために実施している内容について述べる。

バンドルはHGW内の各種リソースをNI経由で使用する。例えば、CPU(Central Processing Unit)であり、メモリであり、その他機能独自のリソースである。バンドルの暴走などによって、これらリソースが必要以上に消費され、直接的、間接的に、VoIPに脅威を与える可能性がある。緊急呼を実現するVoIPは宅内のライフラインであり、HGW上で動作するバンドルが異常動作しても、VoIPに影響を与えない構成とする必要がある。図4にHGWのバンドル部の構成と脅威の概念図を示す。

バンドルの異常動作によるVoIPに関連する影響は以下のように分類ができる。

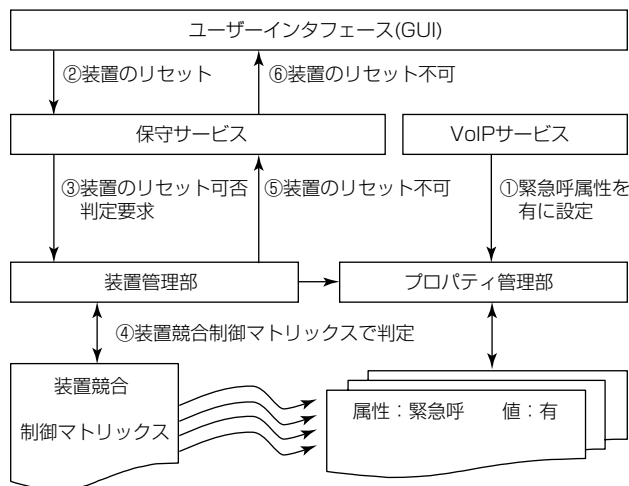


図3. 装置競合制御

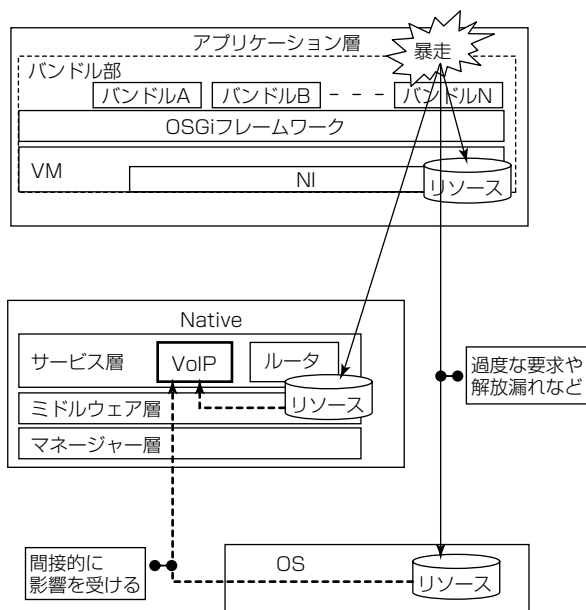


図4. バンドル部の構成と脅威

- (1) CPU占有による, VoIP通信品質の低下
- (2) 大量メモリ消費による, VoIP処理失敗
- (3) バンドルが連続でNIを呼び出し, サービス層以下のリソースを占有することによるVoIP通信品質の低下
- (4) バンドル暴走によるVMの強制終了時の, 各種リソースの解放漏れ。VMが再起動した際の, 解放漏れリソースの影響によるVoIP処理失敗

三菱電機はこれらVoIPに対する脅威に対応するため, 次の対策を実装した。

<対策1>

HGWのOSは, プロセスごとの優先度設定機能を持たせている。VoIPプロセスの優先度を高く設定し, VMプロセスの優先度を低く設定することで, VoIPプロセスのCPUリソースを確保し, 通信品質の低下を防ぐ。

<対策2>

VMは最大メモリサイズを設定可能で, そのサイズを超えてメモリを確保することは不可能なように設計されている。メモリ不足による脅威は, この機構によってガードする。

<対策3>

NI呼出しを監視する機構を設け, n回/秒以上の呼出しを制限する。これによって, バンドルが暴走し, NIを必要以上に呼び出したとしても, VoIPに影響を与えないようにする。

<対策4>

3.1節で述べたプロパティ管理部でVMプロセスの起動・停止という状態を管理する。一方, サービス層のプログラムは, プロパティ管理部へVMプロセスの起動/停止状態の購読要求を行い, 状態の変化を通知してもらうよう

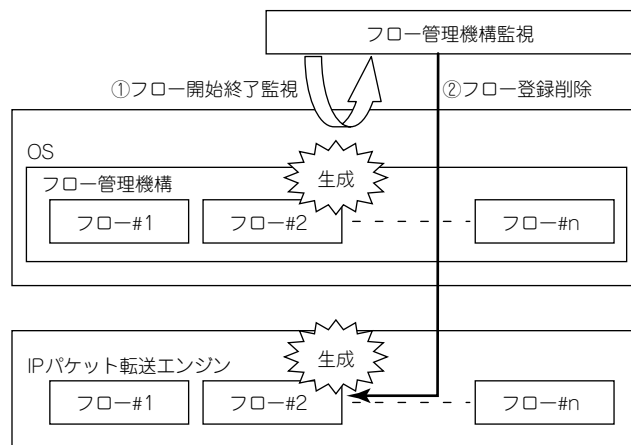


図5. ファスト・パス制御の概念

依頼する。VMが停止すると, プロパティ管理部はその状態を購読依頼されているすべてのプログラムに状態変化通知として発行する。この通知を受けたプログラム側は, VMが停止して, 不要となった各種リソースを解放する。これらによって, リソース解放漏れによるVoIPへの影響を防ぐ。

3.3 高速パケット転送技術

家庭内に接続される機器の性能向上に伴い, HGWには高い処理性能が要求される。このため, HGWではファスト・パス制御機能により高速パケット転送を実現した。ファスト・パス制御ではOS標準のフロー管理機構によるフローの生成・削除を, フロー管理機構監視機能を用いて外部から監視し, フローの生成・削除を検出した場合には, IPパケット転送エンジン機構に登録する。IPパケット転送エンジンは登録されたフローに該当するパケットに対して, OSのプロトコルスタックを使わずにパケット転送のみに特化した高速転送処理を実現する(図5)。

4. むすび

今回開発したHGWの装置アーキテクチャと採用したキー技術を述べた。今後, 次世代に向けたHGWの機能拡張を行うとともに, 開発した技術の他装置への適用を行う予定である。

最後に, この開発にあたり, 多大なるご指導をいただいた関係各位に深く感謝の意を表す。

参考文献

- (1) 牧野豊司, ほか: ホームICTへの取組み, 三菱電機技報, 84, No.8, 449~452 (2010)
- (2) Buschmann, F: Pattern-Oriented Software Architecture Volume 1, A System of Patterns. Chichester, Wiley, ISBN 0471958697 (1996)