

# レジデンシャルゲートウェイサーバ TSUBASA の概要と評価

山口智久 峯村治実 大野次彦 下間芳樹

三菱電機株式会社 情報技術総合研究所

インターネットや公衆網とホームネットワークとの中継を行い、家庭内のさまざまな機器の監視・制御やテレメトリング（電力自動検針など）を実現するためのレジデンシャルゲートウェイが現在、注目を集めている。我々が開発している TSUBASA は、レジデンシャルゲートウェイに必要な要件（コンパクト、遠隔からの機能追加・更新、標準への準拠など）を満たしている Java で記述された組み込み用サーバソフトウェアである。本稿では、TSUBASA のコンセプト・特長と実現方式および性能評価結果について述べる。

## Concept and Evaluation of residential gateway server

### “TSUBASA”

Tomohisa YAMAGUCHI, Harumi MINEMURA, Tsugihiko OHNO,  
Yoshiki SHIMOTSUMA

Information Technology R & D Center, Mitsubishi Electric Corporation

The residential gateway is a device that connects home networks to the Internet, and it is attracting public attention at present. It realizes telemetry (e.g., remote electric power meter reading), remote control and monitoring of various home appliances, etc. TSUBASA, which is a Java-based embedded server software that we are currently developing, satisfies the requirements for the residential gateway; it is compact, able to maintain remotely, and based on a standard. In this paper, we describe the concept and the merits, the realization system and the performance evaluation result of TSUBASA.

#### 1.はじめに

インターネットや公衆網とホームネットワークとの中継を行い、家庭内のさまざまな機器の監視・制御やテレメトリング（電力自動検針など）を実現するためのレジデンシャルゲートウェイが現在、注目を集めている。我々が開発している

TSUBASA<sup>[1][2][3][4][5]</sup>は、レジデンシャルゲートウェイに必要な要件（コンパクト、遠隔からの機能追加・更新、標準への準拠など）を満たしている Java で記述された組み込み用サーバソフトウェアである。以下に TSUBASA のコンセプト・特長と実現方式および性能評価結果について述べる。

## 2. レジデンシャルゲートウェイ

レジデンシャルゲートウェイは、各家庭に設置され、ホームネットワークと WAN（インターネット・公衆網等）との間の高機能なインタフェースを実現する装置であると定義できる。ここで“高機能”としているのは、ホームネットワークと WAN との間で単なる論理的・物理的な変換を行う装置（例えば Ethernet と ISDN との変換を行うルータ）ではなく、家庭内のさまざまな機器の監視・制御を遠隔から行うなど、それ自身の上で何らかのアプリケーションを実行でき、さらにアプリケーション自体の遠隔保守やセキュリティなどの高度な機能が要求されるためである。レジデンシャルゲートウェイを利用したシステムの構成を図 1 に示す。

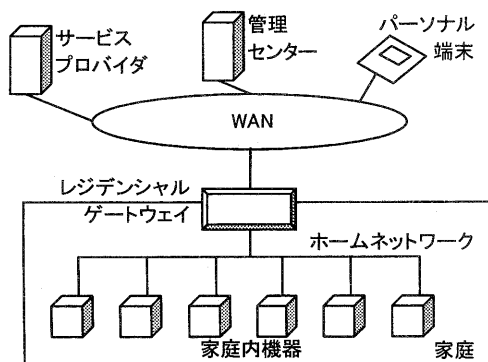


図1 レジデンシャルゲートウェイのシステム構成

図 1 に示すように、レジデンシャルゲートウェイを経由して外部から家庭内の機器にアクセスを行うものとして、管理センター、サービスプロバイダ、パーソナル端末等が考えられる。管理センターは、家庭内機器の監視・制御に加え、レジデンシャルゲートウェイ自体の管理を行う。サービスプロバイダはレジデンシャルゲートウェイに対してサービスを提供する（実際にサービスの追加・更新を行うのは管理センター経由になることもありえる）。また、パーソナル端末は携帯電話や PDA などであり、各個人が遠隔監視・制御を行う

ものであるが、セキュリティ面などを考慮して、監視センター経由になることも多いと考えられる。レジデンシャルゲートウェイのアプリケーションとしては以下のようなものがある。

- 遠隔監視： 家庭内に設置されたさまざまなセンサーによって監視を行う。定期的に監視センターから情報を収集するケースと、センサーからの入力データに基づいてレジデンシャルゲートウェイ側からメールなどにより管理センターに通知を行うケース（例えば、侵入者や火災などの異常通報）がある。
- 遠隔制御： 空調の制御やビデオの録画予約など、さまざまな機器を遠隔からコントロールする。単純な電源のオン・オフから、複雑な設定を要するものまで、さまざまな用途が考えられる。
- 自動検針： 一種の遠隔監視であり、電力・ガス・水道等の使用量を遠隔の電力会社・ガス会社などから読み取る（テレメトリング）。

上記のようなアプリケーションを実現するためには、レジデンシャルゲートウェイ上のアプリケーション実行環境（レジデンシャルゲートウェイサーバ）は、以下に挙げるような要件を満たす必要がある。

- コンパクト： レジデンシャルゲートウェイは各家庭に設置される装置で、できるだけ低コストで実現できる必要があり、メモリ等のリソースは限られている。このため、できるだけコンパクトでなければならない。
- 標準への準拠： レジデンシャルゲートウェイ上のアプリケーションは、さまざまなメーカーやサービスプロバイダが提供するものであり、標準仕様を公開して開発を容易にし、開発コストを低減する必要がある。
- 遠隔からの機能追加・更新： レジデンシャルゲートウェイへのアプリケーションの追加・更新を保守員が行うことは、コスト面から現実的ではない。このため、遠隔の管理センターから追加・更新などの保守作業を行えるようにする

必要がある。

- さまざまなネットワークへの対応： ホームネットワークとしては、電力線ネットワークや Bluetooth など種々のものがあるため、これらに対応可能でなければならない。
- セキュリティ： 遠隔から家庭内機器の監視・制御を行うため、データの盗み見や改竄などを防ぐ機能が必須である。

### 3. TSUBASAの概要

TSUBASA は、Java で記述された組み込み用のサーバソフトウェアで、以下の特長をもっており、前述のレジデンシャルゲートウェイの基盤ソフトウェアの要件を満たしている。

- コンパクト： オブジェクトサイズ約 100KB というコンパクトなサイズであり、コスト面から ROM 容量の限られているデバイスへの組み込みに適している。
- 標準への準拠： 組み込み用サーバの業界標準である OSGi (Open Services Gateway Initiative)<sup>6)</sup>の仕様に準拠しており、TSUBASA 上で実行されるアプリケーションを容易に開発できる。また、Java で記述されているため、JavaVM が搭載されているプラットフォームであれば容易に移植できる。
- モジュール構造： OSGi 仕様に準拠したモジュール構造により、遠隔からの機能の追加・更新がモジュール単位で可能である。また、ネットワーク対応モジュール (例えば Bluetooth モジュール) や、セキュリティ機能を実現するモジュール (SSL 等) を追加することにより、これらの機能を実現することも可能である。

TSUBASA を利用したシステムの全体イメージを図 2 に示す。TSUBASA はレジデンシャルゲートウェイのみではなく、図 2 に示すように、直接デバイスに内蔵して、遠隔地から、そのデバイスの状態取得や制御を行うなど、さまざまな用途への適用が可能である。

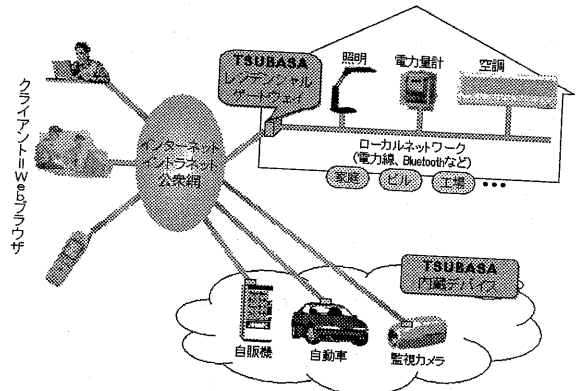


図2 TSUBASA 全体システムイメージ

### 4. TSUBASAの基本構成

TSUBASA の基本構成を図 3 に示す。TSUBASA は、フレームワークとコアサービスから構成される。フレームワークは、アプリケーション (OSGi 仕様ではサービスと呼ぶ) のインストールや更新などの管理を行う。コアサービスは、OSGi で定義されている HTTP サービス、ログサービス、ログリーダーサービスと TSUBASA 独自のリモート管理サービスからなる。

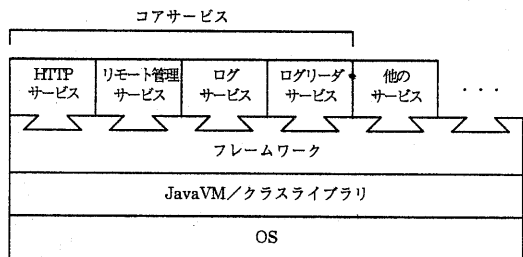


図3 TSUBASA の基本構成

### 5. 各構成要素の詳細

#### 5.1. フレームワーク

フレームワークでは、主としてバンドルとサービスの管理を行う。バンドルはサービスを実現するための任意のプログラムやコンテンツを jar ファイルにまとめたもので (図 4)、これをフレーム

ワークにインストールし、開始させることによりサービスを利用できるようになる。

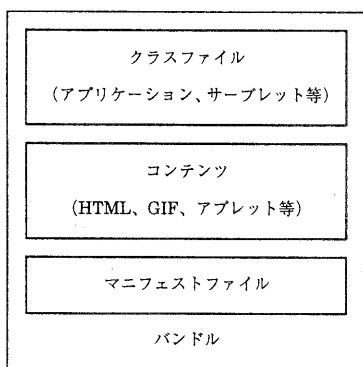


図4 バンドルの構成

フレームワークではバンドルのインストール/アンインストール、依存関係の調査、開始/停止、更新、フレームワークの起動/停止、サービスの登録/登録解除、他サービスへのサービスの提供、フレームワーク/バンドル情報へのアクセス、およびバンドルやサービスに状態変化があった場合のイベント通知処理を行う。

## 5.2.HTTPサービス

HTTP サービスでは、HTTP 通信、サーブレット実行環境の提供、リソースの登録/登録解除、サーブレットの登録/登録解除を行う。HTTP 通信では HTTP/1.1<sup>7)</sup>、サーブレット実行環境として ServletAPI version2.0 をサポートしている。リソースの登録/登録解除は、リソースを登録することによって、そのリソースを外部から HTTP でアクセスできるようにするためのもので、リソースとしては HTML ファイルや GIF ファイル等の静的なコンテンツを提供するファイルやディレクトリ、アプレットなど様々なものが考えられる。またサーブレットの登録/登録解除では、リソースの登録/登録解除と同様に、HTTP によってサーブレットにアクセスできるようにする。

## 5.3.ログサービス

ログサービスでは、他サービスからのログの作成要求とフレームワークからのイベントをログに保存する処理を行う。TSUBASA ではログの出力先として、ファイルシステム、メモリ、標準出力、またはこれらの組み合わせから選択できるようになっている。

## 5.4.ログリーダサービス

ログリーダサービスでは、ログサービスが作成したログの取り出しと、ログの作成をトリガーとするイベント処理を行う。

## 5.5.リモート管理サービス

リモート管理サービスでは、リモートにある Web ブラウザからバンドルのインストールや開始などを行うためのフレームワークへのアクセスと、そのユーザインタフェースを提供する。ユーザインタフェースに関しては、アプレットでは Web ブラウザによって動作しない場合やメモリを多く消費してしまう等の問題があるため、TSUBASA では、HTML ベースとしている。

図 5 にリモート管理サービス用ホームページの一例を示す。ここでは現在インストールされているバンドルの確認や、バンドルのインストール、開始等を行うことができる。

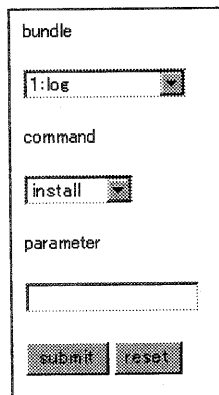


図5 リモート管理用ホームページ例

## 6.性能評価

TSUBASA の性能評価として、コアサービスの開始に必要なメモリ量と起動時間の測定を行った。また比較のため、現状入手可能な A 社製組み込みサーバ上で TSUBASA 用コアサービスと同等な機能を持つ A 社製サービスを実行した場合、および TSUBASA 上で A 社製サービス、A 社製サーバ上で TSUBASA 用コアサービスを実行した場合についても測定を行った。

### 6.1.測定環境

測定環境の構成を図 6、仕様を表 1 に示す。

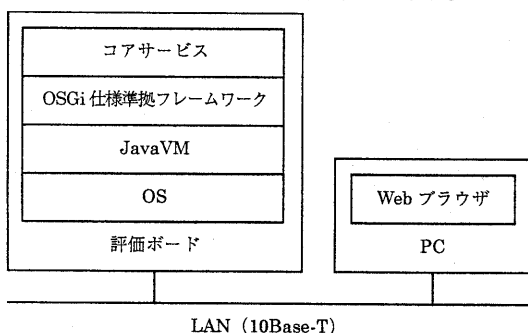


図6 測定環境の構成

表1 測定環境の仕様

評価ボード	CPU	M32R/D (2MB DRAM 内蔵)
	外部周波数	16.6MHz
	内部周波数	66MHz
	メモリ	CPU 内蔵 DRAM : 2MB DRAM : 8MB Flash ROM : 8MB
ソフトウェア	OS	μITRON
	JavaVM	Pjava1.1 (AWT 削除)

M32R/D は当社製 32 ビットマイコン

### 6.2.測定内容

メモリ使用量の測定は、バンドルが一切インストールされていない状態から、バンドルのインストールと開始を行い、リモートにある PC 上の

Web ブラウザから、リモート管理用ホームページにアクセスし、これが Web ブラウザに表示されるまでの処理を実行できる最小のメモリ量（この処理内でのメモリ使用量のピーク）を測定するものである。一方起動時間の測定は、メモリ使用量の測定と同様に、バンドルが一切インストールされていない状態から、バンドルのインストールと開始を行い、バンドルが全て開始されるまでの時間を測定するものである。今回の測定では、インストールするバンドルはローカルファイルシステム上のものを使用した。

### 6.3.測定方法

メモリ使用量の測定では、java コマンドの“-ss”オプションを使用して C スタックサイズ、同じく java コマンドの“-ms”および“-mx”オプションを使用してオブジェクトヒープサイズ、弊社移植による JavaVM の機能を使用して、itron ヒープサイズと malloc ヒープサイズを求めた。一方起動時間の測定では、フレームワークの起動時に自動的にバンドルのインストールと開始を行うように設定しておき、フレームワークの起動から全てのバンドルが開始されるまでの時間を 3 回測定し、その平均をとることによって行った。

### 6.4.測定結果

図 7、図 8、図 9 に測定結果を示す。図 7 は各フレームワーク付属のサービスを用いた結果であり、図 8、図 9 は各フレームワークに対してサービスを入れ替えた場合の結果である。

図 7 に示すように、各フレームワーク付属のサービスを用いた場合は、メモリ使用量、起動時間ともに A 社製サーバの半分以下で実行できた。また図 8、図 9 に示すように、サービスを入れ替えて実行した場合でも、メモリ使用量、起動時間ともに TSUBASA の方が約 15～20% 程度少ないメモリで高速に実行できた。

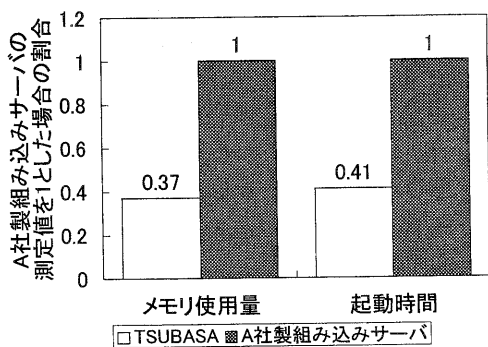


図7 フレームワーク付属サービスによる測定結果

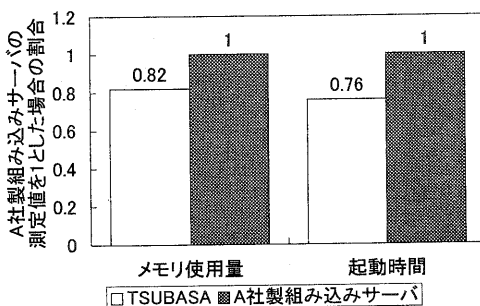


図8 TSUBASA 付属サービスによる測定結果

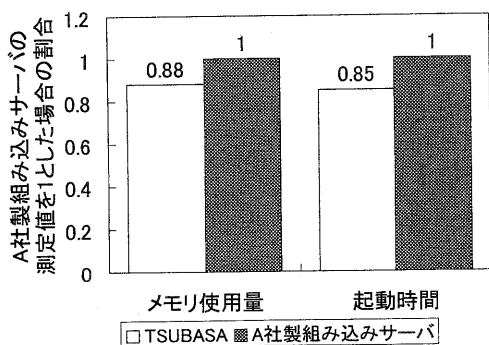


図9 A社製組み込みサーバ付属サービスによる測定結果

## 7.おわりに

以上、レジデンシャルゲートウェイサーバ TSUBASA の概要と評価について述べた。TSUBASA はレジデンシャルゲートウェイの要件を満たしており、さまざまな用途への適用が可能である。また、今回、レジデンシャルゲートウェイサーバ TSUBASA の実装を行い、その性能評価を行った。結果としてはA社製組み込みサーバに比べて、メモリ使用量、起動時間ともに、半分以上で実行することができた。またサービスを入れ替えて実行した場合でも、約15~20%程度高性能とすることができた。今後はさらなる省メモリ化、高速化、機能拡張等を行っていく予定である。

## 参考文献

- [1] 山口他：組み込み用 Web サーバの試作と評価、情報処理学会論文誌, Vol40, No11, pp.4147-4150(1999)
- [2] 山口他：Java による組み込み用 Web サーバの試作と評価、情報処理学会第60回全国大会
- [3] 山口他：Java による組み込み用 Web サーバの試作と評価、情報処理学会第97回 DPS 研究会
- [4] 峯村他：レジデンシャルゲートウェイサーバ TSUBASA の概要、情報処理学会第62回全国大会
- [5] 山口他：レジデンシャルゲートウェイサーバ TSUBASA の評価、情報処理学会第62回全国大会
- [6] <http://www.osgi.org/>
- [7] R.Fielding 他：RFC2616、Hypertext Transfer Protocol-HTTP/1.1、June、1999