

スマート家電の遠隔制御技術

Remote Access Control System for Smart Appliances

江坂 直紀 安次富 大介

■ ESKA Naoki

■ AJITOMI Daisuke

インターネットを通じて機器どうしがつながり新たな価値を生み出す時代が到来しようとしている。スマート家電をはじめとするIoT (Internet of Things) 機器の普及に伴い、時間や場所を問わずに機器の状態監視や制御を行いたいというニーズが高まっている。

東芝は、これまでのスマート家電の開発を通して得たノウハウを基に、インターネット対応の機器を遠隔地から効率的に制御するクラウド集約型の遠隔制御システムを開発した。これを実現するために、インターネット上の通信システムは、標準的なプロトコルを利用することにより双方向通信の接続性と安全性を確保し、将来的に機器の収容台数が大幅に増えても、通信遅延を増加させないスケーラビリティを備えている。

The connection of various smart products called Internet of Things (IoT) devices via the Internet makes it possible to offer users new value. Accompanying the expansion of such IoT devices, including smart appliances, a technology for the real-time monitoring and control of these devices anywhere and anytime has become essential.

In response to these circumstances, Toshiba has developed a real-time remote access control system to efficiently handle a large number of IoT devices based on its know-how cultivated through the development of smart appliances. This technology, which realizes a communication network system to relay data between smart appliances in the home and user devices outside the home, offers scalability to meet the needs of systems ranging from small to large in scale without transmission delay time, and ensures the connectivity and safety of bidirectional communication using a standard protocol.

1 まえがき

家庭内の機器がインターネットに接続されるようになり、ユーザーの端末（スマートフォン、タブレットなど）やインターネット上のサーバから宅内機器にアクセスするサービスが増え始めている。例えば、外出先からエアコンや照明の状態を確認して設定を変更することや、テレビの録画予約の設定や確認を行うことなどが挙げられる。

更に、このようなユーザーによる遠隔からの機器監視制御のニーズに加え、サービスを提供する側からも、宅内機器の状態確認や故障診断といった管理メンテナンスなどをしたいというニーズも高まってきている。

東芝は2002年に他社に先駆けてネットワーク情報家電としてFEMINITYシリーズなどを製品化したが⁽¹⁾、その当時から宅外からの宅内機器の制御に対する様々なニーズは存在していた。しかし技術的な課題が多く、全てが実現できていたわけではなかった。

宅外からのアクセスに関わる技術的な環境も変わり、当社は2014年に、これまでのスマート家電の開発を通して得たノウハウを基に、100万台以上のインターネット対応機器を遠隔地から効率的に制御できる遠隔制御システムを開発した⁽²⁾。標準的なプロトコルを利用することにより、双方向通信の接続

性と安全性を確保しつつ、スケールアウトする設計により、動的に小さなシステムから大きなシステムまで柔軟に構成することができる。

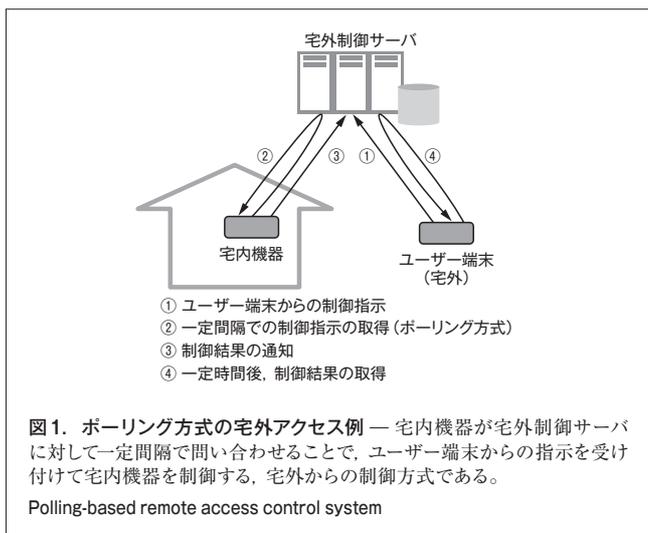
ここでは、まず従来の遠隔制御方式について述べ、スマート家電・IoT時代における宅外からのアクセスに必要な要件と、当社が採用した方式について述べる。更に大規模化にあたっての要件と、開発した遠隔制御システムについて述べる。

2 従来の宅外からの遠隔制御方式

一般家庭宅内ネットワークでは、通常プライベートIP (Internet Protocol) アドレスが使われるため、インターネットを経由して宅内機器に直接アクセスすることはできない。更に、家電機器がインターネット接続機能を持ち始めた当時、インターネット接続環境やサーバに使えるリソースは限られていた。そうしたなか、実現されていた宅外からの遠隔制御の方式は、主に二つの方式（ポーリング方式と直接アクセス方式）に分類される。

2.1 ポーリング方式

ポーリング方式は、宅外からのアクセスをいったんインターネット上の宅外制御サーバで受け付け、それを宅内機器が一定間隔で問合せを行うことで情報を取得し宅外からの指示を実行する方式である（図1）。この方式により、例えば、帰宅前



までに制御が実行されればよいような、処理時間に余裕があるケースは実現できた。しかし、機器に対して何度もアクセスする場合には、ポーリング間隔×アクセス回数分の時間が掛かる。また、単に現在の機器状態を知りたいといったニーズに応えることも難しく、実現できるユースケースは限られていた。ポーリング間隔を短くすることも考えられるが、接続と切断を繰り返すだけであっても、ネットワークの帯域と処理のためのリソースを使用し、宅外制御サーバの負荷が高くなるため、現実的ではなかった。

2.2 直接アクセス方式

直接アクセス方式は、プライベートIPアドレスの制限を回避し、文字どおり宅外から宅内機器に直接アクセスする方式である。プライベートIPアドレスの制限を回避する方法としては、ブロードバンドルータの手動設定や、UPnP (Universal Plug and Play) によるポートフォワード設定、VPN (Virtual Private Network) サービスを利用するなどの方法が用いられた。この方式ならば、ユーザーは、宅内機器と直接通信ができるため応答性が高く、使い勝手はよくなる。しかし、宅外から直接アクセスするための設定などが難しかったため、広く使われることはなかった。

プライベートIPアドレスの利用はIPv4 (IP version 4) アドレス空間の枯渇問題への対策の一つであったため、アドレス空間にそのような制約を課さないIPv6の広い普及を目指した情報家電への取組みも行ってきた³⁾。しかし、宅外からのアクセスの可能性は広がったものの、全てが解決したわけではなかった。

3 WebSocketを活用した遠隔制御方式

従来の宅外からの遠隔制御方式は、ユースケースが限定されること、及び導入にあたっての設定などが難しいことから汎

用的に使うことが難しかった。この章では、まずスマート家電・IoT時代における宅外からのアクセスに必要な要件を述べ、次に当社が採用した方式について述べる。

3.1 宅外からのアクセスに必要な要件

3.1.1 適用可能性 宅外からのアクセスを広く利用してもらうためには、一般家庭のユーザーに受け入れやすくすることが重要である。宅内ネットワーク環境や使用される機器は多岐にわたるため、限定された環境だけでの動作や、多様性を解決するための手間やコストをユーザーに強いてはならない。

例えば、ポートフォワードの設定をルータに対して行うことや、グローバルIPアドレスが使えることを条件にすること、VPNや専用のホームゲートウェイを追加設置することなど、専門的な知識や追加料金を伴うようでは普及しない。

3.1.2 応答性 宅外から要求し、応答を受け取るまでの時間が短い（低遅延な）ことも重要である。宅外からアクセスすると言っても、ユーザーにとっては、宅内でリモコンを使うことと使い方は変わらない。宅外からのアクセス時は宅内と違って、結果を目で確認できない。このため、確実に結果を返すことが必要になる。ユーザーにとっては単純な操作でも、実際には複数の命令から構成される手順の場合には、一度の手順で済まないこともある。

また、サービスを運用する側の観点からも、速やかに宅内機器に通知を行いたい、速やかに処理を開始したいという要求があり、応答性は重要である。

3.1.3 接続の管理 ユーザーからは、自分の所有する機器へアクセスしたいという要求がある一方、サービス側からは、ある特定の機器や機器グループに対してアクセスしたいという要求がある。こういった要求を満たすためには、機器の接続の管理が必要になる。

また、サービスを提供する企業として接続を管理することは、接続の状況を把握して通信の安定化を図ったり、通信の妥当性を検証したりするうえでも重要である。

3.2 WebSocketの遠隔制御システムへの適用

これらの要件を満たす通信方式として、RFC6455⁴⁾で規定されるWebSocketプロトコルをスマート家電の宅外アクセスの方式として適用した。

WebSocketプロトコルは、インターネット上でもっとも広く使われているプロトコルであるHTTP (Hypertext Transfer Protocol) の上で動作する拡張仕様であり、双方向接続が可能で宅内機器への適応性が高い。更に、ネットワーク上にWebSocketプロトコルを理解しないプロキシサーバやファイアウォールが存在する場合にも備え、かつ通信路の安全性を担保するために、TLS (Transport Layer Security) も利用することとした。これにより、通信路は単なる暗号化されたHTTPとみなされるため、プロキシサーバやファイアウォールとの親和性が高くなりネットワーク上の適用可能性が広がる。

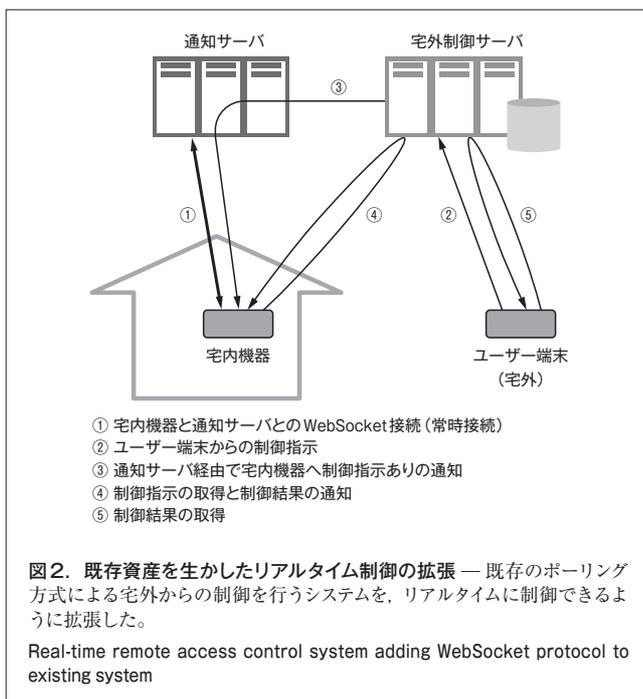
これまでHTTP上での双方向通信の取組みとして、Long-Pollingと呼ばれる疑似的なサーバプッシュ技術などが開発され使われてきた。疑似的に双方向通信を行うため、別途HTTPのコネクションを一本専用に確保しなくてはならず、サーバ側でそのコネクションを一時的に保留するための仕組みも必要であった。更に、タイムアウトによってコネクションを再度確立する必要があるなどの制限があった。

一方、WebSocketプロトコルによって、このような制限がなくなるとともに、仕様としてデータ送受信のヘッダサイズが大幅に削減されたため、断続的な通信を行う場合でも応答性が向上することになった。

そこで、通信プロトコルとしてはWebSocketプロトコルを利用しつつ、宅外からのアクセスを行うために、宅内機器とユーザー端末の通信をサーバ上で中継する方式をとることとした。P2P (Peer to Peer) 接続技術やIPv6を用いて直接宅内機器にアクセスができたとしても、接続の管理の観点から当社の宅外制御サーバで中継を行うことが必要なためである。

3.3 東芝HEMSサービスの例

2013年、当社はFEMINITYにWebSocketプロトコルの適用により遠隔制御機能を拡張してHEMS (Home Energy Management System) のクラウド型サービスをリリースした⁽⁵⁾。拡張にあたっては、FEMINITYの既存資産を生かすため、処理のトリガ用にWebSocket通信路を使うアーキテクチャにしている。これにより、これまでは宅内機器と宅外制御サーバが15分に1回程度の間隔で定期的に通信していたものが、リアルタイムに通信できるようになるため、宅内機器への問合せや制御をリアルタイムに行うことができるようになった(図2)。



4 遠隔制御システムの大規模化

WebSocketプロトコルを用いた常時接続通信を行うことで、家庭の多様なネットワーク環境に対応でき、宅外制御サーバから宅内機器への問合せや制御をリアルタイムに実行できるようになった。しかし、スマート家電をはじめとするIoT機器が今後いっそう増えていくと、膨大な数の機器を接続することになり、それを常に維持するための宅外制御サーバ側のコストは無視できない。

この章では、膨大な数の機器を接続する際の宅外制御サーバ側に必要な要件を述べ、その要件を満たすために当社が採用したアーキテクチャについて述べる。

4.1 遠隔制御システムの大規模化の要件

4.1.1 スケーラビリティ サーバの性能は年々向上しているが、1台に収容できる接続台数には限りがある。このため、膨大な数の機器を接続するには複数のサーバを用いる必要がある。しかし、最初からネットワークに接続する機器の最大数に合わせて十分なサーバを用意するのは、初期投資が大きい。当初接続される機器の数や、その後、機器接続数が増加することになる製品をリリースするタイミングに合わせてリソースを準備できることが、コストの面からも望まれる。

4.1.2 応答性 前述のように応答性は重要で、宅内機器とユーザー端末の通信をサーバで中継する方式をとっているが、同時に接続する数が増え中継するサーバが複数台の構成になった場合でも、応答性が低下してはならない。

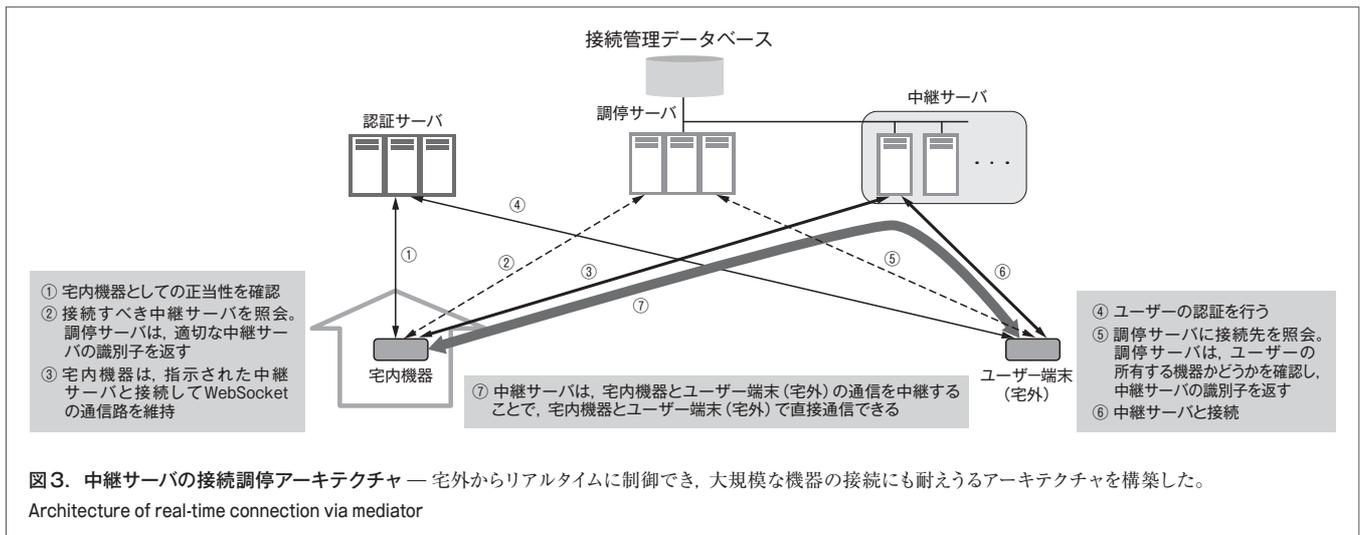
4.1.3 耐障害性 接続の管理をするために宅内機器とユーザー端末の通信をサーバで中継する方式のため、その障害や途中経路のネットワーク障害によって宅外から接続できなくなるおそれがある。ユーザーに対して安定的に継続したサービスを提供する必要があるため、耐障害性が重要となる。また、サーバシステムの更新やメンテナンスが必要な場合もあり、その際の可用性も重要である。

4.2 中継サーバ接続調停アーキテクチャ

これらの要件を満たすアーキテクチャとして、常時WebSocketの通信路を確保しておくためのサーバ(中継サーバ)と通信を振り分けるサーバ(調停サーバ)を分離する構成(図3)とした。このような構成を採用することで、調停サーバへの問合せが初回に必要なもの(図3中の②、⑤)、中継サーバの増減は自由にできるようになるため、スケーラビリティが向上する。

調停サーバが、宅内機器からの接続とユーザー端末からの接続を同じ中継サーバに導くことにより、中継サーバの通信コストはこれまでと変わらない。このため、応答性を確保したまま、中継サーバの台数を増やすことができる。

更に、中継サーバのメンテナンスなどがある場合には、接続できなくなることを自動的に検出し、調停サーバに中継サーバ



を新たに割り当ててもらうことで、ユーザーには継続したサービスを提供できる。調停サーバが任意に中継サーバを割り当てられるよう、また、調停サーバを負荷分散型にして複数台同時に存在できるように設計することで、調停サーバと中継サーバはそれぞれ単一障害点にならずシステムとして耐障害性が高くなっている。更に、調停サーバが割り当てる中継サーバはネットワーク上の別の場所に配置することで、システムの耐障害性を高めることができる。

4.3 欧州クラウドサービスの例

2014年、当社は欧州向けスマートテレビのクラウドサービス⁶⁾で、このアーキテクチャを採用して、宅外から録画を予約できるようにした。クラウドサービスと連携するアプリケーション⁷⁾を用いることで、クラウドサービスを通して、リアルタイムに宅外から録画予約ができる。また、コールセンターからの遠隔診断にも同じアーキテクチャが利用され、リアルタイムに状況を確認できるようになっている。

5 あとがき

当社は、これまでのスマート家電の開発を通して、インターネット対応の機器を宅外から効率的に制御する遠隔制御システムを開発した。WebSocketプロトコルを用いた常時接続通信を行うことで、家庭の多様なネットワーク環境に対応し、リアルタイムに宅外制御サーバから宅内機器への問合せや制御を行えるようになった。また、スケーラブルかつ耐障害性の高いアーキテクチャにより、膨大な数の機器の接続を柔軟に扱えるようになっている。

今後、IoT機器が増えていくと、その数はユーザー個人では扱えない数になると考えられる。そうなる単なるリモートアクセスによる制御や状態取得だけでなく、サービス提供側で他の機器の状況に応じた高度な連係動作や最適な動作、更に

は機器どうしが自律的に連携する処理が増えていくことが予想される。当社が開発したシステムは、このようなことを実現するための基盤として必須の技術になると考えられる。今後も、IoTの共通基盤を目指して開発を進めていく。

文献

- 1) 一色正男 他. ネットワーク家電“FEMINITY™シリーズ”のシステム概要. 東芝レビュー. 57, 10, 2002, p.7-10.
- 2) 東芝. “100万台以上のIoT機器を遠隔から即時操作できるクラウド集約型システムを開発”. 東芝ホームページ. <http://www.toshiba.co.jp/rdc/detail/1501_01.htm>, (参照 2015-05-14).
- 3) 永見健一 他. 次世代ネットワーク家電—IPv6情報家電システム. 東芝レビュー. 57, 10, 2002, p.24-27.
- 4) Fette, I. et al. "The WebSocket Protocol". Internet Engineering Task Force (IETF) Homepage. <<https://tools.ietf.org/rfc/rfc6455.txt>>, (accessed 2015-05-14).
- 5) 東芝ライテック. “東芝HEMS (ホームエネルギーマネジメントシステム)”. 東芝ライテックホームページ. <http://feminity.toshiba.co.jp/feminity/service/index_j.html>, (参照 2015-05-14).
- 6) Toshiba. "TV THAT'S PERSONAL TO YOU". Toshiba Europe Homepage. <<http://www.toshiba.eu/innovation/generic/smarttv/>>, (accessed 2015-05-14).
- 7) Toshiba. "DON'T MISS A THING WITH THE MEDIAGUIDE APP". Toshiba Europe Homepage. <<http://www.toshiba.eu/innovation/generic/mediaguide-app/>>, (accessed 2015-05-14).



江坂 直紀 ESAKA Naoki

研究開発センターを経て、セミコンダクター&ストレージ社 ストレージプロダクツ事業部 ストレージプロダクツ応用技術部主務。旧所属でタブレットアプリケーション及びクラウドプラットフォームの開発に従事。Storage Products Div.



安次富 大介 AJITOMI Daisuke

研究開発統括部 研究開発センター ネットワークシステムラボラトリー研究主務。コンシューマー機器を対象にした大規模通信システムの研究・開発に従事。情報処理学会会員。Network System Lab.