

UPnP ゲートウェイ高速化のためのキャッシュ方式

Design of Caching Method for Fast UPnP Gateway

中村 幸太 † 小川 将弘 ‡ 小板 隆浩 † 佐藤 健哉 †
Kohta Nakamura Masahiro Ogawa Takahiro Koita Kenya Sato

1 はじめに

近年、単独で機能を果たすだけであったテレビ、冷蔵庫などの家電機器に、マイクロプロセッサが搭載されるようになり、家電機器は情報処理能力を有するようになった。これらの機器をネットワークに接続し、パソコンや PDA などの情報関連機器や他の家電機器との連携動作を実現する必要性が高まっている。家電機器や情報関連機器を接続しただけで、ネットワークに参加することを可能にするミドルウェアの一つに UPnP[1] があるが、遠隔地にある機器同士がインターネット（グローバルネットワーク）を経由して連携することはできない。この問題を解決するために、グローバルネットワークを接続するゲートウェイにおいて WEB サービスを利用することで、異なるローカルエリアネットワーク（LAN）間での機器連携を可能とする UPnP ゲートウェイを提案しているが、異なる LAN 上の機器検索に時間がかかることが問題となっている。本稿では、この問題の解決策として、UPnP ゲートウェイ上で、アドバタイズメッセージをキャッシュしておくことにより、機器検索リクエストに対しての応答速度を改善する手法を提案する。

2 UPnP ゲートウェイ

2.1 動作概要

UPnP は、家庭内のパソコンや周辺機器、AV 機器、電話、家電製品などの機器をネットワークに接続し、相互に機能しあうためのミドルウェアである。1999 年に Microsoft 社によって提唱され、インターネットで標準になっている技術を基盤とし、ネットワークに接続するだけで、複雑な操作や設定作業を自動化することを目的としている。

しかし、UPnP においては、グローバルネットワークを介して異なる LAN 内の機器同士が連携動作を行うことができない問題点がある。この原因の一つとして、機器の発見に利用する SSDP (Simple Service Discovery Protocol) が挙げられる。SSDP は、マルチキャストを利用して機器の発見を行うプロトコルであるため、LAN 内の機器にしかパケットを到達させることができない。この問題を解決するために、我々はゲートウェイ上の WEB サービスを利用することで、異なる LAN 間での機器連携を可能とする UPnP ゲートウェイを提案している。

UPnP ゲートウェイは、ゲートウェイ間で、SOAP を利用した WEB サービスにより SSDP などの UPnP メッセージを転送する手法である。UPnP ゲートウェイの動作を図 1 に示す。UPnP ゲートウェイでは、異なる LAN 内の機器宛の UPnP メッセージを、SOAP メッセージに

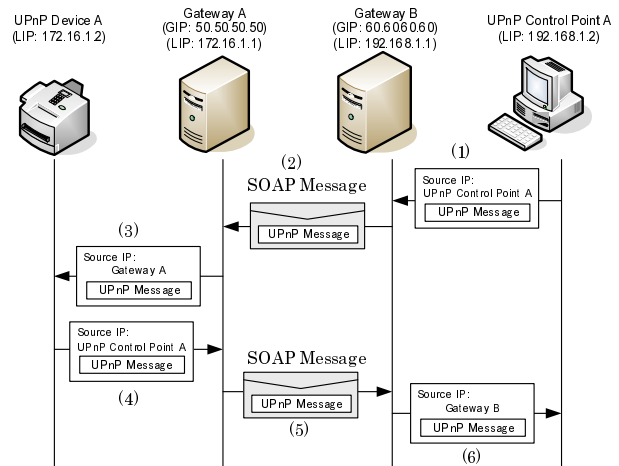


図 1 UPnP ゲートウェイによるメッセージ転送

含めて目的の LAN に接続されたゲートウェイに送信する。送信先のゲートウェイは、受信した SOAP メッセージから UPnP メッセージを取り出す。また同時に、受信した UPnP メッセージの送信元アドレスを、SOAP メッセージを受信したゲートウェイに書き換えることで、レスポンスがゲートウェイに送信されるようにし、ゲートウェイがレスポンスを中継する。UPnP メッセージでは、IP ヘッダだけではなくメッセージ中にもローカル IP アドレスが含まれているため書き換えを行う。

2.2 問題点

UPnP ゲートウェイの問題点として、機器検索に時間がかかることが挙げられる。UPnP ゲートウェイは、サーチメッセージが含まれている SOAP メッセージを受信したとき、外部プロセスを生成する。生成されたプロセスは、サーチメッセージのマルチキャストを行い、マルチキャストに利用したポートをリッスンし、レスポンスを待つ。また、レスポンス受信時に SOAP メッセージの送信元であるゲートウェイ上の WEB サービスを呼び出すことでレスポンスを転送しているため、新たにコネクションを確立しなければならない。以上に述べたプロセスの生成時とゲートウェイとのコネクションの確立時に生じる時間が機器検索の遅延の原因となっている。

3 提案手法

本研究では、UPnP ゲートウェイにおける機器の検索時間を短縮するために、ゲートウェイに UPnP メッセージをキャッシュしておく手法を提案する。UPnP 機器は定期的にアドバタイズを行い、自身の存在を LAN 内の機器に告知する。あるゲートウェイと同じ LAN 内に接続されている UPnP 機器からのアドバタイズメッセージを受信したとき、アドバタイズメッセージ中のヘッダ

† 同志社大学 工学部 情報システムデザイン学科

‡ 同志社大学大学院 工学研究科 知識工学専攻

表1 UPNP 機器のアドバタイズメッセージを抽出したデータベースのテーブル

ID	CACHE CONTROL	LOCATION	NT	SERVER	USN	DATE
1	1800	http://192.168.1.65:8008/description.xml	upnp:rootdevice	Windows	uuid:cybergarage WasherDevice	2007-06-30 19:27:47
2	1800	http://192.168.1.65:4004/description.xml	urn:schemas-upnp-org:device:washer:1	Windows	uuid:cybergarage WasherDevice	2007-06-30 19:27:47

である CACHECONTROL, LOCATION, NT, SERVER, USN の 5 つのデータと現時点での時刻として DATE データを表 1 に示すスキーマのテーブルに格納する。また、異なるゲートウェイから検索メッセージを含む SOAP メッセージを受信したとき、検索メッセージ中の ST ヘッダとテーブル中の NT フィールドが一致するレコードを取得し、検索メッセージのレスポンスとして適切なフォーマットに変換し、SOAP メッセージに含めて送信元のゲートウェイにレスポンスを返す。この際、DATE フィールドの値に CACHECONTROL フィールドの値を足したものと現在の時刻を比較し、期限切れであるレコードの場合はレスポンスに含めない。

4 評価

前章で述べた提案システムの実装を行った。ゲートウェイの実装に利用した環境を表 2 に示し、ネットワーク構成を図 2 に示す。以下に、提案システムの具体的な動作例を示す。

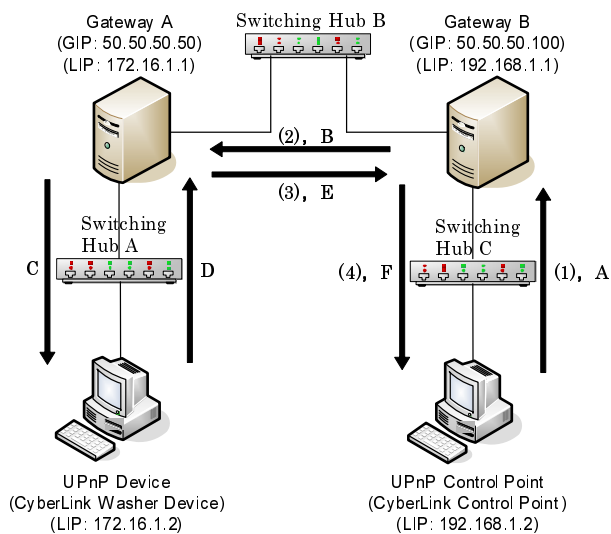


図2 実装に利用したネットワーク構成図

- (1) コントロールポイントが、デバイスを探すために検索メッセージをマルチキャストする。ST ヘッダには、upnp:rootdevice の文字列が指定されているとする。
- (2) 上と同様 (1) で受信したパケットを、SOAP メッセージに含めてゲートウェイ A 上の Web サービスに送信する。
- (3) (2) で受信した SOAP メッセージを解析し、検索メッセージ内の ST ヘッダである upnp:rootdevice を取得。upnp:rootdevice とテーブルの NT フィールドが一致するレコードを取得する。

表 1 の場合、1 行目のレコードが該当する。取得したレコードを検索メッセージに対するレスポンスとして適切なフォーマットに直したものを SOAP メッセージに含めてレスポンスを返す。

- (4) SOAP メッセージを解析し、レスポンスメッセージを取り出す。取り出したレスポンスメッセージの LOCATION ヘッダをゲートウェイ B 自身のローカル IP アドレスに書き換えて、コントロールポイントにレスポンスを返す。

提案システムによる検索時間 (1)~(6) と既存システムによる検索時間 (A)~(F) のそれぞれ 20 回平均をとったものを比較した。既存システムでは 3405[ms] かったのに対し、提案システムでは 287[ms] まで改善した。

表2 ゲートウェイの実装環境

OS	Debian GNU/Linux Kernel 2.4
Web サーバ	Apache Tomcat (Ver 5.5.20)
SOAP	Apache Axis 2 (ver 1.0)
プログラミング言語	Java (J2SDK ver 1.5.0.09)

5 まとめ

家電機器や情報関連機器の連係動作を実現するためのプロトコルに UPnP がある。UPnP の問題点として、グローバルネットワークを介して異なる LAN に存在する UPnP 機器同士が連係動作を行うことができない点が挙げられる。この問題点を解決するために、我々は、SOAP を利用した WEB サービスによる UPnP メッセージの転送を行う手法を提案しているが、現状のシステムは機器探索時間が遅い。この問題の解決策として、UPnP ゲートウェイ上で、アドバタイズメッセージをキャッシュしておくことにより、機器検索リクエストに対しての応答速度を改善する手法を提案した。また、提案システムのプロトタイプを実装し、探索時間が短縮されていることを確認した。

参考文献

- [1] UPnP Forum: Universal Plug and Play Device Architecture Version 1.0 (2000). <http://www.upnp.org/resources/documents/CleanUPnPDA101-20031202s.pdf>.
- [2] 金森 重友, 齊藤 允, 佐野 勝大: SIP/UPnP 情報家電プロトコル, 秀和システム (2005)。
- [3] 小川 将弘, 早川 裕志, 小坂 隆浩, 佐藤 健哉: UPnP 機器をグローバルネットワーク越えて利用するためのネットワーク構成の提案, 第 5 回情報科学技術フォーラム (FIT2006) 一般講演論文集第 4 分冊, pp.171-172 (2006)。