

ホームネットワーク技術の相互接続性を阻害する 家庭用ルータの実装状況調査, および 相互接続性確保のための手法の提案

濱本望絵^{†1} 杉本芳剛^{†1} 鷲津宗孝^{†1} 石川博一^{†1} 村上隆史^{†1}

概要: ホームネットワークでの相互接続技術には多数の標準規格があり, マルチキャスト通信を利用するものも多い。これらの標準規格においては, IPv4 でマルチキャストのグループ管理を行うためのプロトコルである IGMP の実装方法を規格の範囲外としているため, 開発者の IGMP に関する規格解釈の違いにより, 端末毎に IGMP の動作に違いが生じることもある。また, ホームネットワークを構成する上で中心となる構成要素に, 家庭用ルータがある。インターネットサービスプロバイダ(ISP)から提供されるものや, ユーザが量販店などで独自に購入するものなど, 各家庭で使用されるルータは多種多様である。この多様な家庭用ルータの中にも, IGMP を規格通りに実装していないものがあるため, 端末と家庭用ルータの組み合わせによっては, マルチキャスト通信を利用した相互接続ができない場合がある。本論文では, これらホームネットワーク技術の相互接続性を阻害する家庭用ルータの IGMP に関する実装状況を調査し, その問題を明らかにする。また家庭用ルータの問題に対して, 端末側の実装で相互接続性を確保するための手法の提案を行うと共に, 提案手法の評価と考察を述べる。

キーワード: ホームネットワーク技術, マルチキャスト, IGMP, 家庭用ルータ

Investigation of characteristics of home routers that hamper interconnectivity of home network technologies, and proposal of method for improving interconnectivity

MOE HAMAMOTO^{†1} YOSHITAKA SUGIMOTO^{†1} MUNETAKA WASHIZU^{†1}
HIROKAZU ISHIKAWA^{†1} TAKASHI MURAKAMI^{†1}

Abstract: There are many standards for the interconnection technology in the home network, and many of them use the multicast communication. In these standards, the implementation of IGMP, which is a protocol for group management of multicast in IPv4, is outside the scope of the standard. Therefore, the operation of IGMP of each device may be different depending on the interpretation of the standard regarding the IGMP of the developer. Also, there is a home router as a core constituent element in configuring the home network. Various routers are used in each household, such as being provided from an Internet service provider (ISP), or being purchased at the mass merchandisers, and so on. Some home routers do not implement IGMP according to standards, so depending on the combination of the device and home router, interconnection using multicast communication may not be possible in some cases. In this paper, we investigate the characteristics related to IGMP of home routers that hamper the interconnectivity of these home network technologies and clarify the problem. In addition, we propose a method to improve interconnectivity in the implementation on the device side against the problem of home router. Furthermore, evaluation and consideration of the proposed method are described.

Keywords: home network technology, multicast, IGMP, home router

1. はじめに

ホームネットワークでの相互接続技術には, 情報機器や家電製品を有線 LAN (IEEE802.3 Ethernet など) や無線 LAN (IEEE802.11 シリーズなど) に接続しただけで複雑な設定をすることなく相互接続を可能にする UPnP(Universal Plug and Play)や, デジタル家電が動画や写真などのコンテンツを共有するための DLNA(Digital Living Network Alliance), またエアコンや照明, 制御コントローラなどの家電がエネルギーマネジメントを行うためのプロトコルである ECHONET Lite など, 多数の標準規格がある[1][2][3].

これらは製造メーカーが異なっても相互接続できることを目的にしたもので, 現在では多数のメーカーから DLNA 対応製品や ECHONET Lite 対応製品が発売されている。

これらの標準規格では, 機器発見や状態通知の用途でマルチキャスト通信を行うことを規定している。IPv4 でマルチキャストのグループ管理を行うためのプロトコルとして, IETF(Internet Engineering Task Force)が RFC(Request for Comments)として公開している IGMP(Internet Group Management Protocol[4][5][6])があるが, DLNA や ECHONET Lite などの標準規格においては, IGMP 機能の実装方法については, その規格の範囲外であるため, 開発者の IGMP に関する規格解釈の違いにより, 端末毎に IGMP の動作に違いが生じることもある。

^{†1} パナソニック株式会社
Panasonic Corporation

また、ホームネットワークを構成する上で中心となる構成要素に、家庭用ルータがある。インターネットサービスプロバイダ(ISP)から提供されるもの、ユーザが量販店などで独自に購入するものなど、各家庭で使用されるルータは多種多様である。ホームネットワークで送受信されるマルチキャストパケットは必ず家庭用ルータを経由するが、家庭用ルータの中にも、IGMP を規格通りに実装していないものがあるため、端末と家庭用ルータの組み合わせによっては、マルチキャスト通信を利用した相互接続ができない場合がある。

本論文では、これらホームネットワーク技術の相互接続性を阻害する家庭用ルータの IGMP に関する実装状況を調査し、その問題を明らかにする。この家庭用ルータの問題に対して、端末側の実装で相互接続性を確保する手法の提案を行うと共に、提案手法の評価と考察を述べる。

2. マルチキャストの仕組みと課題

マルチキャストとは、ネットワークで同じグループに参加している複数の端末に対し、1つのパケットを同時に送信する通信方法である。例えば動画配信サーバからストリーミング配信される1つのデータを、特定のグループに属する複数の端末へ同時に送信可能とする。このマルチキャストグループの管理を行うためのプロトコルが IGMP である。

本章では、IGMP の仕組みを説明し、それらの実装不備により発生する課題を示す。

2.1 IGMP の仕組み

IGMP によるマルチキャストグループ管理の基本的な概念を以下に説明する。

(1) グループへの参加

マルチキャストグループへ参加する際に、端末がルータに対して Membership Report (Join メッセージ) を送信する。ルータは Join メッセージを受信すると、受け取ったインタフェース上にメンバがいることを認識でき、該当グループのパケットを転送できるようになる。この時ルータは、「マルチキャストグループ」と「インタフェース」を対にしたエントリをマルチキャスト管理テーブルに追加する。(図1)

(2) グループの維持

ルータが定期的に Membership Query (Query メッセージ) を送信してグループの参加状況を把握し、グループの維持を行う。ここで、Query メッセージを定期的に送信するルータのことを、Querier と呼ぶ。Query に対して Membership Report の応答がない場合には、(1)で作成したマルチキャスト管理テーブルに登録されたグループを削除する。(図2)

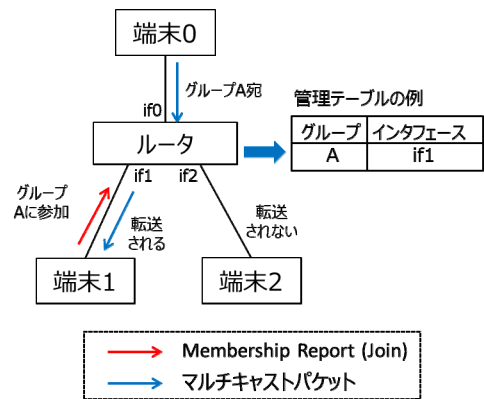


図1 グループへの参加

Figure 1 Join the group.

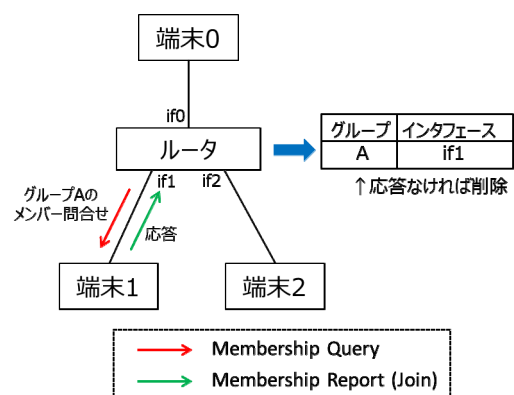


図2 グループの維持

Figure 2 Maintaining the group.

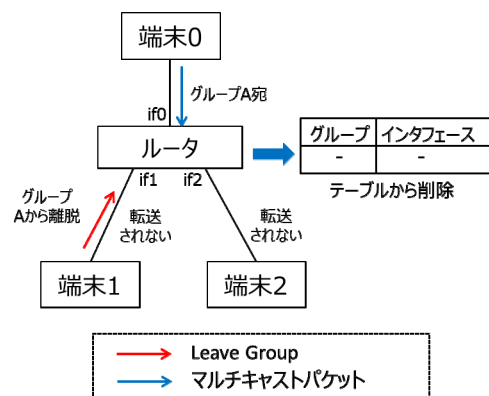


図3 グループの離脱

Figure 3 Leave the group.

(3) グループからの離脱

マルチキャストグループからの離脱の際に、端末がルータに対して Leave Group (Leave メッセージ) を送信する。ルータは Leave メッセージを受信すると、Query メッセージを送信して他にグループのメンバがいないことを確認し、マルチキャスト管理テーブルから該当エントリを削除する。

そして、以降そのインタフェースに対してマルチキャストパケットの転送を行わない。(図 3)

2.2 家庭用ルータにおける実装状況

有線 LAN によって構成されるホームネットが主流であった時代は、インタフェースをまたがるマルチキャストパケットの転送は必要なかったため、家庭用ルータとしては IGMP 機能を実装していなかった。そのため、端末が Join メッセージの送信によりグループへの参加をしなくても、マルチキャストパケットは全て受信ができていた。

その後、家庭用ルータが無線 LAN 機能に対応してきたことにより、ホームネットワークの構成が有線 LAN と無線 LAN の複数のインタフェースで構成されるようになってきた。このような構成でマルチキャストを行う場合、すべてのマルチキャストパケットを全てのインタフェースへ転送すると、不要なトラフィックが発生する可能性がある。そこで IGMP 機能でグループ管理を行い、メンバが存在するインタフェースにのみパケットを転送することにより無駄なトラフィックの発生を防ぐ家庭用ルータが増えてきた。

また、IGMP 機能を実装していても、グループ維持機能である Querier 機能や、マルチキャスト管理テーブルの扱い方などの実装仕様には多くの違いが見られる。

このように、各家庭用ルータによって IGMP 機能の実装は様々であり、種類別に分けてそれぞれ課題を説明する。

表 1 に、IGMP 機能の実装の有無を示す。

また、表 2 に、IGMP 機能を実装しているルータに関して、Querier 機能の有無およびマルチキャスト管理テーブルの有効期限の有無を示す。

表 1 家庭用ルータにおける IGMP 機能実装の種類と課題
 Table 1 Types and problems of IGMP function implementation in home routers.

カテゴリ	IGMP 機能実装の有無	課題の有無
IGMP 機能	無し	無し
	有り	有り 下記 2.3.1 で説明

表 2 Querier 機能およびテーブル有効期限の有無と課題
 Table 2 Querier function and table valid term and problems.

カテゴリ	Querier 機能実装の有無		課題の有無
Querier 機能	無し	テーブルの有効期限 無し	無し
		テーブルの有効期限 有り	有り 下記 2.3.2 で説明
	有り	テーブルの有効期限 無し	無し
		テーブルの有効期限 有り	有り 下記 2.3.3 で説明

2.3 IGMP 機能実装の問題

このように家庭用ルータの IGMP 実装仕様には多くの違いがあり、端末の IGMP 実装仕様との組み合わせにより、下記のような問題が発生する。

2.3.1 異なるインタフェース間で IGMP 機能が未実装の端末がマルチキャスト通信を行う場合の問題

家庭用ルータの IGMP 機能が初期状態から有効である場合、かつ、有線 LAN 上および無線 LAN 上のいずれのインタフェース上でも端末が Join メッセージを送信しない場合、家庭用ルータのマルチキャスト管理テーブルにエントリが全く存在しないため、双方向ともにマルチキャストパケットの転送が行われず相互接続できない。本論文ではいずれのインタフェース上でも Join メッセージが送信されず、マルチキャスト管理テーブルにエントリがない状態を「初期状態」と定義する。(図 4)

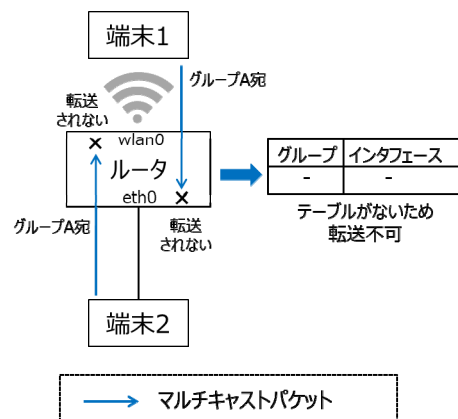


図 4 初期状態

Figure 4 Initial state.

また、IGMP 機能を実装している端末と、実装していない端末が異なるインタフェース上にいる場合、Join メッセージを送信する端末は、マルチキャスト管理テーブルにエントリが作成され、異なるインタフェースからのマルチキャストパケットが転送されるため受信は可能となる。しかし、Join メッセージを送信しない端末は、マルチキャスト管理テーブルにエントリがない状態で、異なるインタフェースからのマルチキャストパケットが転送されないため、マルチキャスト通信が片方向となり、正常な相互接続は行えない。本論文ではこのように、片方のインタフェースでのみ Join メッセージの送信が行われた状態を「片側 Join 状態」と定義する。(図 5)

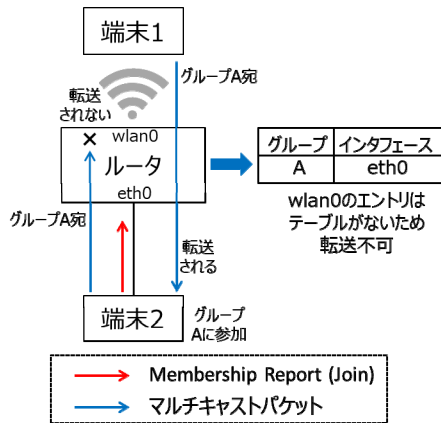


図 5 片側 Join 状態

Figure 5 Joined state only one side.

また、家庭用ルータの中には、初期状態では IGMP 機能が無効でマルチキャストパケットを全て転送するにも関わらず、有線 LAN・無線 LAN のいずれかのインタフェースで Join メッセージを受信すると、IGMP 機能が有効となるものがある。この場合、Join メッセージを送信しない端末でも最初は相互接続できるが、他の端末の Join メッセージの送信が影響して、運用途中で片側 Join 状態となり、相互接続が行えなくなる。(図 6)

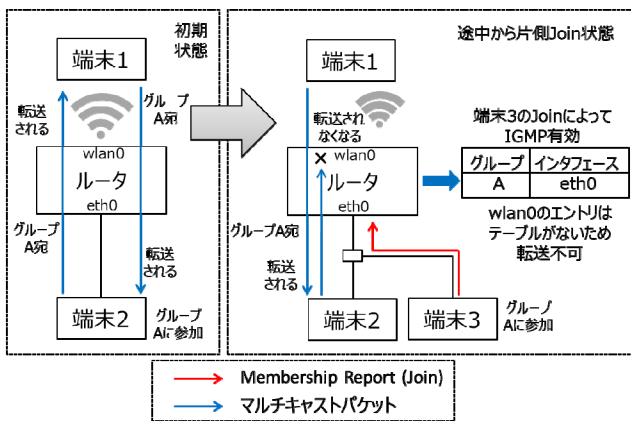


図 6 途中から片側 Join 状態

Figure 6 Transition to joined state only one side.

2.3.2 Querier 非対応かつテーブルの有効期限があるルータで発生する問題

IGMP 機能を実装した家庭用ルータの中には、定期的な Query メッセージの送信によりグループのメンバーの存在確認をしないものがある。このようなルータにおいて、マルチキャスト管理テーブルに有効期限を設けているものは、一定期間経過後にマルチキャスト管理テーブルのエントリを削除するため、マルチキャストを利用した相互接続ができなくなる。

2.3.3 Querier 対応かつテーブルの有効期限があるルータで発生する問題

Querier に対応したルータにおいても、マルチキャスト管理テーブルに有効期限を設けているものがある。これに対しルータからの Query に対して応答 (Join メッセージ) を返さない端末は、一定期間後にエントリを削除されて初期状態に戻り、ルータが初期状態で IGMP 有効の場合、相互接続ができなくなる。

2.4 課題を解決する提案手法

このように IGMP 機能実装に関して様々な家庭用ルータが存在しており、端末側において家庭用ルータの仕様の差異を吸収しない限り、マルチキャスト通信を用いた相互接続が困難なものとなる。このような課題を端末側で吸収するため、以下の仕様を提案する。

(1) 起動時に必ず Join メッセージを送信

端末側は、ネットワークに接続時に Join メッセージを送信すれば、マルチキャストパケットを受信できるようになる。ただ、相手側の端末が Join メッセージを送信しない端末である場合には、片側 Join 状態となり、相互接続が行えない。そのため、両側の端末がともに Join メッセージを送信する必要がある。本論文ではこの状態を「両側 Join 状態」と定義する。実際に家庭用ルータに対して両側の端末から Join メッセージを送信した際に、双方向のマルチキャストパケットの転送が可能となることを調査する必要がある。

(2) 定期的に Join メッセージを送信

ルータが Querier に非対応である場合の対策として、マルチキャスト管理テーブルからグループが削除される前に、端末からテーブル更新を行う。つまり、定期的に Membership Report (Join メッセージ) を送信する。この定期送信間隔を決定するため、家庭用ルータのマルチキャスト管理テーブルの有効期限を調査する必要がある。

(3) ルータからの Query には必ず応答 (Join) を送信

ルータが Querier に対応している場合の対策として、ルータからの Query に対して必ず応答 (Join メッセージ) を返してテーブル更新を行う。

3. 家庭用ルータの IGMP 機能の実装調査

3.1 ホームネットワークの構成

家庭用ルータを中心に構成されるホームネットワーク上の端末同士がマルチキャストパケット通信を行う形態について、端末が接続されるインタフェースに着目したパターンを表 3 に示す。

これらのうち、異なるインタフェース間の通信のため、

マルチキャスト転送で問題が発生しうるのは構成 2, 構成 3, 構成 5 の 3 パターンであるが, 構成 2 と構成 3 は有線 LAN と無線 LAN の組合せとしては同じであるため, 代表して無線 LAN 対応ルータには必ず搭載されている 2.4GHz 帯を対象とし, 構成 2 および構成 5 に対して, IGMP 機能の実装調査を行う。

表 3 ホームネットワークの構成の種類
Table 3 Types of home network configuration.

構成	端末 1 が接続する インタフェース	端末 2 が接続する インタフェース
構成 1	有線 LAN	有線 LAN
構成 2	有線 LAN	無線 LAN(2.4GHz 帯)
構成 3	有線 LAN	無線 LAN(5GHz 帯)
構成 4	無線 LAN(2.4GHz 帯)	無線 LAN(2.4GHz 帯)
構成 5	無線 LAN(2.4GHz 帯)	無線 LAN(5GHz 帯)
構成 6	無線 LAN(5GHz 帯)	無線 LAN(5GHz 帯)

3.2 調査対象の家庭用ルータ

パナソニック株式会社製品セキュリティセンターにて保有する日本国内向けルータ 729 台 (2012 年 1 月から 2017 年 9 月の国内販売累計台数 (GfK による POS トラッキング調査結果[7]) を利用して独自に集計した市場シェア約 98.16%相当) のうち,

- 無線 LAN(2.4GHz)規格をサポートする市場シェア上位 131 台の家庭用ルータ (約 81.57%相当)
- ISP からのレンタルルータ 19 台

上記の合計 150 台を抽出し, 前述の構成 2 の調査対象とした。

また, これらのうち無線 LAN(5GHz 帯)をサポートしている下記の合計 94 台の家庭用ルータを構成 5 の調査対象とした。

- 無線 LAN(5GHz)規格をサポートする 84 台の家庭用ルータ (約 49.18%相当)
- ISP からのレンタルルータ 10 台

3.3 調査環境

各構成の形態になるよう, 家庭用ルータ, 端末 1, 端末 2 を接続する。端末 1, 端末 2 は, それぞれ試験用ツールがインストールされた Windows 10 の PC を使用する。Windows 10 の PC は調査に影響がないよう事前に IGMP の機能を無効にする。また試験ツールは, 3.4 項に示す項目内容を調査できるよう今回開発した。(図 7)

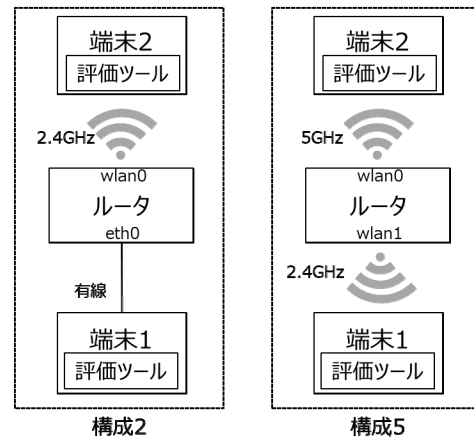


図 7 調査環境

Figure 7 Examination environment.

3.4 調査項目および調査方法

(1) 各状態におけるマルチキャスト転送調査

端末 1, 端末 2 のそれぞれから定期的 (10 秒ごと) にマルチキャストパケットの送信を開始する。

まず「初期状態」でそれぞれルータを介した相手側で受信できるかどうかを確認する。

次に, いずれかの端末から Join メッセージを送信し, 片側 Join 状態に遷移させる。これにより他方のインタフェースにマルチキャストパケットの転送の有無に変化が生じる場合, ルータにおいてマルチキャスト管理テーブルが作成されたことがわかる。ここで片側 Join 状態とは, 構成 2 の場合は, 「有線 LAN 側のみ Join 状態」と「無線 LAN(2.4GHz 帯)側のみ Join 状態」の 2 通り, また構成 5 の場合, 「無線 LAN(2.4GHz 帯)のみ Join 状態」と「無線 LAN(5GHz 帯)側のみ Join 状態」の 2 通りであり, 全てのパターンを確認する。

その後, 端末 1 および端末 2 ともに Join メッセージを送信させ, マルチキャストパケットを転送するかどうかを確認する。

また, 調査するマルチキャストグループは, ホームネットワークの相互接続技術として一般的に普及している, UPnP/DLNA と, ECHONET Lite で使用する下記 IP アドレスとポート番号を使用することとする。

- UPnP/DLNA
IP アドレス : 239.255.255.250, ポート番号 : 1900
- ECHONET Lite
IP アドレス : 224.0.23.0, ポート番号 : 3610

(2) マルチキャスト管理テーブルの有効期限調査

(1)の各状態において, マルチキャストパケットの転送の有無に変化が生じる場合, その変化の継続時間をマルチキャスト管理テーブルの有効期限と定義する。例えば, 初期状態ではマルチキャストパケットが転送されており, 片側

Join 状態への遷移でマルチキャストパケットが転送されなくなる場合には、そのまま観測を継続し、再度転送されるようになるまでの時間を計測する。

また、ルータが定期的に Query メッセージを送信するかどうかを確認する。ルータが Querier 機能を有する場合、Query メッセージに対して応答 (Join メッセージ) を返さないようにし、それによりマルチキャストパケットの転送の有無に変化が生じる場合、その変化の継続時間を計測する。

3.5 調査結果

(1) 各状態におけるマルチキャスト転送調査結果

構成 2, 構成 5 それぞれで、マルチキャストパケット転送を調査した結果を表 4~表 7 に示す。これらの表では、マルチキャストパケットの送信方向について、有線 LAN 側の端末から無線 LAN 側の端末宛を「有→無」、逆向きを「無→有」、また無線 LAN(2.4GHz 帯)側の端末から無線 LAN(5GHz 帯)側の端末宛を「2.4G→5G」、逆向きを「5G→2.4G」と示し、マルチキャストパケットが転送されることを「○」、転送されないことを「×」と示している。

表 4 および表 5 は、マルチキャストパケット転送結果から、すべての状態でマルチキャストパケットを双方向で転送可能なルータを「IGMP 機能：無し」、いずれかの状態でマルチキャストパケットの転送が不可のルータを「IGMP 機能：有り」として、調査対象ルータの IGMP 機能実装の有無を台数および市場シェアで示したものである。

表 4 構成 2 における IGMP 機能の有無に関する調査結果
Table 4 Investigation result on existence of IGMP function in configuration 2.

内訳	台数	シェア合計
IGMP 機能：無し (全ての状態で転送される)	107 台	51.19%
IGMP 機能：有り (いずれかの状態で転送不可)	43 台	30.38%
合計	150 台	81.57%

表 5 構成 5 における IGMP 機能の有無に関する調査結果
Table 5 Investigation result on existence of IGMP function in configuration 5.

内訳	台数	シェア合計
IGMP 機能：無し (全ての状態で転送される)	72 台	33.68%
IGMP 機能：有り (いずれかの状態で転送不可)	22 台	15.50%
合計	94 台	49.18%

また、表 6 および表 7 は、IGMP 機能を有するルータに関して、各状態におけるマルチキャストパケット転送結果を示しており、UPnP/DLNA と ECHONET Lite のマルチキャストパケットが両方とも転送される場合、両方とも転送されない場合、あるいは片方のみ転送されない場合の結果を示したものである。

表 6 構成 2 におけるマルチキャスト転送結果

Table 6 Multicast transfer result in configuration 2.

状態	マルチキャストパケットの方向	両方○		両方×		UPnP/DLNAのみ×		ECHONET Liteのみ×	
初期状態	有→無	128台	72.52%	11台	2.44%	1台	0.17%	10台	6.44%
	無→有	140台	78.52%	4台	0.51%	1台	0.17%	5台	2.38%
片側Join状態 (有線のみJoin)	有→無	116台	55.28%	12台	4.60%	0台	0.00%	22台	21.69%
	無→有	148台	77.75%	0台	0.00%	0台	0.00%	2台	3.82%
片側Join状態 (無線のみJoin)	有→無	147台	81.37%	2台	0.18%	0台	0.00%	1台	0.02%
	無→有	129台	64.81%	6台	1.63%	0台	0.00%	15台	15.13%
両側Join状態	有→無	149台	81.55%	0台	0.00%	0台	0.00%	1台	0.02%
	無→有	150台	81.57%	0台	0.00%	0台	0.00%	0台	0.00%

表 7 構成 5 におけるマルチキャスト転送結果

Table 7 Multicast transfer result in configuration 5.

状態	マルチキャストパケットの方向	両方○		両方×		UPnP/DLNAのみ×		ECHONET Liteのみ×	
初期状態	5G→2.4G	88台	44.92%	2台	2.63%	0台	0.00%	4台	1.63%
	2.4G→5G	87台	47.12%	2台	0.24%	0台	0.00%	5台	1.82%
片側Join状態 (2.4GHz帯のみ)	5G→2.4G	93台	49.16%	0台	0.00%	0台	0.00%	1台	0.02%
	2.4G→5G	74台	37.83%	3台	0.42%	0台	0.00%	17台	10.93%
片側Join状態 (5GHz帯のみ)	5G→2.4G	79台	35.77%	3台	3.00%	0台	0.00%	12台	10.41%
	2.4G→5G	93台	49.16%	0台	0.00%	0台	0.00%	1台	0.02%
両側Join状態	5G→2.4G	93台	49.16%	0台	0.00%	0台	0.00%	1台	0.02%
	2.4G→5G	93台	49.16%	0台	0.00%	0台	0.00%	1台	0.02%

上記の結果より、Join メッセージを送信しない端末は、表 4 より市場シェア約 31%のルータにおける有線 LAN-無線 LAN(2.4GHz 帯)間のマルチキャスト通信に失敗し、表 5 より市場シェア約 16%のルータにおける無線 LAN(2.4GHz 帯)-無線 LAN(5GHz 帯)間のマルチキャスト通信に失敗することが判明した。しかしながら、表 6 および表 7 における「両側 Join 状態」の結果より、初期状態や片側 Join 状態でマルチキャスト通信ができない場合でも、両側 Join 状態となればほぼ確実にマルチキャスト通信が可能となる。つまり、端末の起動時に Join メッセージの送信することで、2.3.1 の課題は解決可能であると考えられる。

(2) マルチキャスト管理テーブルの有効期限調査結果

調査対象ルータ 150 台のうち、Querier 対応の有無、およびマルチキャスト管理テーブルの有効期限の有無に関する調査結果を表 8 に示す。

表 8 の結果より、市場シェア約 0.8%のルータが Querier に対応し、かつテーブルの有効期限があるルータであり、応答 (Join メッセージ) を返さない場合は比較的短時間でマルチキャスト管理テーブルからエントリが削除されることが判明した。この対策として、端末はルータの Query には必ず Join で応答する必要があると言える。また、市場シェア約 27%のルータが Querier 非対応かつテーブルに有効

期限があり、その有効期限の最小値は 120 秒であった。この対策として、端末における運用時の Join メッセージの定期送信間隔を 120 秒以下にすれば、今回の調査範囲の全てのルータをカバーできると言える。

表 8 Querier 機能およびテーブル有効期限調査結果

Table 8 Result of Querier function and table valid term

examination.		
内訳	台数	シェア合計
Querier 対応	29 台	9.09%
有効期限なし	23 台	8.28%
有効期限 250 秒 (送信間隔 125 秒×2 回)	4 台	0.51%
有効期限 260 秒 (送信間隔 60 秒×4 回)	1 台	0.02%
有効期限 360 秒 (送信間隔 30 秒 12 回)	1 台	0.28%
Querier 非対応	121 台	72.48%
有効期限なし	90 台	45.13%
有効期限 120 秒	1 台	1.48%
有効期限 260 秒	3 台	4.14%
有効期限 300 秒	13 台	14.81%
有効期限 5 分超	14 台	6.92%

4. 評価

調査結果により、運用時の Join メッセージの送信間隔を 120 秒として、改めて提案手法を規定した。

- 起動時に必ず Join メッセージを送信
- 定期的 (120 秒おき) に Join メッセージを送信
- ルータからの Query には必ず応答 (Join) を送信

この提案手法を実装した DLNA 対応製品, ECHONET Lite 対応製品, およびそれぞれのコントローラを, 3.2 項の調査対象ルータに接続させ, 本提案手法の効果を評価した。

4.1 評価項目

対象ルータに DLNA 対応製品, ECHONET Lite 対応製品, およびそれぞれのコントローラを接続し, 電源を投入する。その後それぞれのコントローラから DLNA 対応製品, ECHONET Lite 製品が発見できることを確認する。これにより, 端末が起動時に Join メッセージを送信することによる UPnP/DLNA および ECHONET Lite のマルチキャストパケットの転送可否の効果が検証可能である。さらに, 6 分以上経過後に, それぞれのコントローラから DLNA 対応製品, ECHONET Lite 対応製品が発見できることを確認する。このことから, 端末が定期的送信する Join メッセージと, ルータからの Query メッセージに対して Join メッセージで

応答することによりテーブルが維持されていることを検証可能である。

4.2 評価結果と考察

DLNA 対応製品, ECHONET Lite 対応製品それぞれの評価結果を表 9 に示す。

表 9 評価結果

Table 9 Evaluation results.

構成	評価対象	起動直後の 機器発見	6 分超経過後 の機器発見
構成 2 (対象 ルータ 150 台)	DLNA	150 台全てで 発見可能	150 台全てで 発見可能
	ECHONET Lite	149 台で発見 可能	149 台で発見 可能
構成 5 (対象 ルータ 94 台)	DLNA	94 台全てで発 見可能	94 台全てで発 見可能
	ECHONET Lite	93 台で発見可 能	93 台で発見可 能

評価の結果から, 今回提案の手法を端末側で実装すれば, UPnP/DLNA に関しては調査対象ルータ全て (150 台, シェア合計 81.57%) において, また ECHONET Lite に関しては両側 Join 状態でもマルチキャストパケットを転送しない 1 台 (シェア 0.02%) 以外の調査対象ルータ (シェア合計 81.55%) において, マルチキャスト通信が正常に行えることを確認できた。

5. まとめと今後の展開

本論文では, マルチキャスト通信を用いたホームネットワーク技術の相互接続性を阻害する家庭用ルータの IGMP に関する実装状況を調査し, その問題を明らかにした。また家庭用ルータの問題に対して, 端末側の実装で相互接続性を確保するための手法の提案を行った。今回の調査で, 調査対象ルータ 150 台 (シェア合計 81.57%) において, 端末側が提案手法を実装しない場合マルチキャストを転送するルータは 107 台 (シェア合計 51.19%) であるのに対し, 提案手法を実装した端末同士の場合, UPnP/DLNA のマルチキャストを転送するルータは 150 台 (シェア合計 81.57%), ECHONET Lite のマルチキャストを転送するルータは 149 台 (シェア合計 81.55%) であった (構成 2 における結果)。

また, 今回提案の手法を実装しない機器をネットワークに接続した場合, 表 6 および表 7 における「UPnP/DLNA のみ×」の台数よりも「ECHONET Lite のみ×」の台数の方が多いことから, ECHONET Lite のマルチキャストパケットよりも, UPnP/DLNA のマルチキャストパケットの方が転送される割合が多いことがわかった。これは, 市場に

において発売期間の長い UPnP/DLNA 対応製品で相互接続できない問題が多数報告されたことに対するルータメーカーの対応により、Join メッセージの有無関係なく UPnP/DLNA のマルチキャストパケットは転送する対応が取られているためと推測できる。今後市場において ECHONET Lite 対応製品が増加していくことを鑑みると、ECHONET Lite 製品同士での相互接続問題が発生する可能性が高い。ゆえに、ルータメーカーに ECHONET Lite のマルチキャストパケットも転送するように提案していくことは重要である。また、端末側の対応としては ECHONET Lite 対応製品は本提案手法の実装を義務付けるようエコーネットコンソーシアムに提案を行うなどして、ユーザがメーカーの異なる ECHONET Lite 対応製品を用いても常に正常に相互接続可能となるような取り組みを行うことを検討している。

また、最近では、マルチキャストストリーミングを利用したインターネット動画配信サービスの登場によって、無線 LAN におけるトラフィックが増大する傾向がある。その対応として、家庭用ルータの一部の製品では、IGMP Snooping 機能という新たな機能が搭載されている。IGMP Snooping (スヌーピング) とは、Membership Report (Join メッセージ) を受信すると、送信元端末の MAC アドレスを管理テーブルに登録し、インタフェースではなく端末ごとにマルチキャストパケットを転送することを判断する機能である。この機能により、インターネット側からのストリーミングデータが無線 LAN 側にマルチキャストされて帯域を圧迫するという事は無くなるが、マルチキャストで送信されたパケットが、ルータでユニキャストに変換されて転送をされるため、パケットを受信できなくなる端末が存在することが知られている。

今後は、家庭用ルータの IGMP Snooping に関する家庭用ルータの実装調査を行い、それによる課題を把握し、それを解決できる手法を検討する必要がある。

参考文献

- [1] “UPnP-arch-DeviceArchitecture-v2.0-20150220.pdf”.
<https://openconnectivity.org/developer/specifications/upnp-resources/upnp>.
- [2] “DLNA Guidelines June 2016 - Part 1-1 Architectures and Protocols.pdf”. <https://spirespark.com/dlna/guidelines/>.
- [3] “ECHONET Lite 規格 Ver.1.12 第 2 部”.
https://echonet.jp/wp/wp-content/uploads/pdf/General/Standard/ECHONET_lite_V1_12_jp/ECHONET-Lite_Ver.1.12_02.pdf.
- [4] “RFC 1112, Host Extensions for IP Multicasting”.
<https://www.ietf.org/rfc/rfc1112.txt>.
- [5] “RFC 2236, Internet Group Management Protocol, Version 2”.
<https://www.ietf.org/rfc/rfc2236.txt>.
- [6] “RFC 3376, Internet Group Management Protocol, Version 3”.
<https://www.ietf.org/rfc/rfc3376.txt>.
- [7] “GfK, 生活家電の POS トラッキング調査”.
<http://www.gfk.com/jp/industries/consumer-goods/home-appliances/>.