

# ドメイン限定マルチキャストのドメイン間マルチキャスト経路制御への適用とその評価

石川憲洋<sup>1</sup> 藤原廣則<sup>1</sup> 上野英俊<sup>1</sup> 鈴木偉元<sup>1</sup> 高橋修<sup>1</sup>

NTTDoCoMo マルチメディア研究所<sup>1</sup>  
NTTアドバンステクノロジー株式会社<sup>1</sup>

現在のIPマルチキャストは経路制御に関して、ユニキャストとマルチキャストの経路表を管理する必要がありルータの負担が大きくなる等の課題がある。この課題を解決することを狙いとしてドメイン限定マルチキャストと呼ぶ新しいIPマルチキャストのアーキテクチャを提案した。本稿では、本アーキテクチャのドメイン間マルチキャスト経路制御への適用の概要を述べ、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコル（MSDP、BGMP）との比較評価について述べる。

## Application of Domain Constrained Multicast to Inter-Domain Multicast Routing and its Evaluation

Norihiro Ishikawa<sup>1</sup>, Hironori Fujiwara<sup>1</sup>, Hidetoshi Ueno<sup>1</sup>, Hideharu Suzuki<sup>1</sup>,  
and Osamu Takahashi<sup>1</sup>

NTTDoCoMo Multimedia Laboratories<sup>1</sup>  
NTT Advanced Technology Corporation<sup>1</sup>

Since existing IP multicast routing protocols have been designed independently of IP unicast routing protocols, a router must maintain routing tables for both IP multicast and unicast routing. This is, in particular, a big burden for an inter-domain router. To resolve above issues, we proposed a new architecture for IP multicast, which is called Domain Constrained Multicast (DCM). We describe the extension of the DCM architecture for applying it to inter-domain IP multicast routing. We have compared the DCM architecture for inter-domain routing, with existing inter-domain IP multicast routing protocols such as MSDP and BGMP.

### 1 はじめに

インターネットの普及に従い、インターネット上の様々なアプリケーションが提案、導入されている。IP マルチキャストはインターネット上でマルチメディア会議、ブッシュ型情報配信等を実現するための基盤技術として提案され、インターネット技術標準化委員会（IETF）で様々なマルチキャストプロトコルの標準化が進められている。しかしながら、現在のIP マルチキャストは実験段階にあり、十分にインターネット上で普及していない。IP マルチキャストの普及を阻害する主要な要因の一つとして、IP マルチキャスト経路制御の複雑さを挙げる事ができる。IP マルチキャストの経路制御に関して、下記の解決すべき技術課題がある。

- (1) 既存のIP マルチキャスト経路制御プロトコルはIP ユニキャスト経路制御プロトコルと独立に設計されているため、ルータでは両方のプロトコルの経路表を管理する必要があり、特にドメイン間経路制御を行うバックボーンルータの負担が大きい。
- (2) 既存のIP マルチキャスト経路制御プロトコルでは、ドメイン外の送信ホストから指定したドメインに対してのみマルチキャスト配信を行うアプリケーションを実現できない。

このような課題を解決することを狙いとして、ドメイン限定マルチキャスト（DCM: Domain Constrained Multicast）と呼ぶIP マルチキャストの新しいアーキテクチャを提案している[1]。

本稿では、ドメイン限定マルチキャストのドメイン間マルチキャスト経路制御への適用と、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコル（MSDP、BGMP）との比較評価について述べる。

### 2 DCM アーキテクチャの概要

提案したDCM アーキテクチャの概要を述べる。

DCM アーキテクチャでは、配信範囲として特定のドメインを指定したマルチキャストを実現する。このため、送信ホストが対象のドメイン外で送信したIP マルチキャストデータグラムは、配信範囲に指定したドメインの境界ルータまでユニキャストによって配信され、境界ルータに到着後、ドメイン内では既存のドメイン内マルチキャスト経路制御によって配信される。

本アーキテクチャをIPv6 ネットワーク上で実現するために図1に示すアドレス形式を提案する。

8	4	4	13	8	24	35	32
FP 0xFF	flag	scop (A)	TLA ID	RES	NLA ID	Reserved	group ID
public topology							

図1 IPv6上での提案アドレス形式

本アドレス形式において、ユニキャストによって配信するドメインを、IPv6の集約可能グローバルユニキャストアドレス (Aggregatable Global Unicast Addresses) [2] のパブリックトポロジーと対応付ける。また、DCMアーキテクチャのアドレス形式を識別するために、IPv6マルチキャストアドレスのscopフィールドを利用し、例えば、"A"を割り当てる。

ルータはまず受信したIPマルチキャストデータグラムの宛先アドレスの形式を調べる。アドレス形式がDCMアーキテクチャの場合、ルータは宛先アドレスのパブリックトポロジーの値に基づいて、配信メカニズムを決定する。

パブリックトポロジーがルータの所属するパブリックトポロジーと異なる場合、そのパブリックトポロジーに従って、ルータは自分自身の持つユニキャスト経路制御のための経路表を利用して転送先を決定する。

目的のパブリックトポロジーの境界ルータからは自ドメイン内のマルチキャスト経路制御を利用してIPマルチキャストデータグラムを転送する。

### 3 ドメイン間マルチキャスト経路制御への拡張

DCMアーキテクチャでは、インターネット全域に分散する受信ホストに対するIPマルチキャスト配信を行う場合、以下のような問題がある。

- (1) 受信ホストの存在する全てのドメインに対して、送信ホストで各ドメインを配信範囲に限定したIPマルチキャストデータグラムを複製して、配信する必要がある。
- (2) 配信範囲に指定したドメイン内に、マルチキャストグループの参加ホストが存在しない場合でも、そのドメインの境界ルータまで、IPマルチキャストデータグラムが配信されてしまう。

上記の問題を解決するために、DCMアーキテクチャのドメイン間マルチキャスト経路制御への拡張を提案する。

#### 3.1 アドレス形式

インターネット上の全ドメインを指定するために、パブリックトポロジーに特別な値 (例えば、オール1) を定義し、また、全ドメイン指定のアドレス形式を識別するために、scopフィールドに特別な値 (例えば、"B") を定義し、これを用いる (図2)。

8	4	4	45	35	32
FP 0xFF	flag	scop (B)	ALL Domain (All 1)	Reserved	group ID
public topology					

図2 全ドメイン指定の提案アドレス形式

#### 3.2 ドメイン間経路制御

受信ホストのいないドメインへの配信を抑制するために、ドメインの境界ルータでは、マルチキャストグループ毎に、そのグループに参加している受信ホストが存在するドメインのリストを管理する。このグループメンバー情報を交換するためにDCMアーキテクチャではBGP4の利用を提案する。

全ドメインを配信範囲に指定したIPマルチキャストデータグラムを自ドメイン内から受信した境界ルータは、受信ホストが存在する外部ドメインに宛てて、このIPマルチキャストデータグラムを複製し、配信する。この際、宛先の特定ドメインまで配信するために宛先アドレスの全ドメインを指定したパブリックトポロジーを宛先の特定のドメインを指定したパブリックトポロジーのアドレスに置換する。

ドメイン間ルータは、このパブリックトポロジー情報に基づいて、ユニキャスト経路制御を行う。

宛先ドメインの境界ルータが本パケットを受信した場合、パブリックトポロジーの値が自ドメインのもので、そのscopが"B"の場合は、パブリックトポロジーの値を全ドメイン指定値 (オール1) に置換し、ドメイン内へマルチキャスト配信する。(図3)

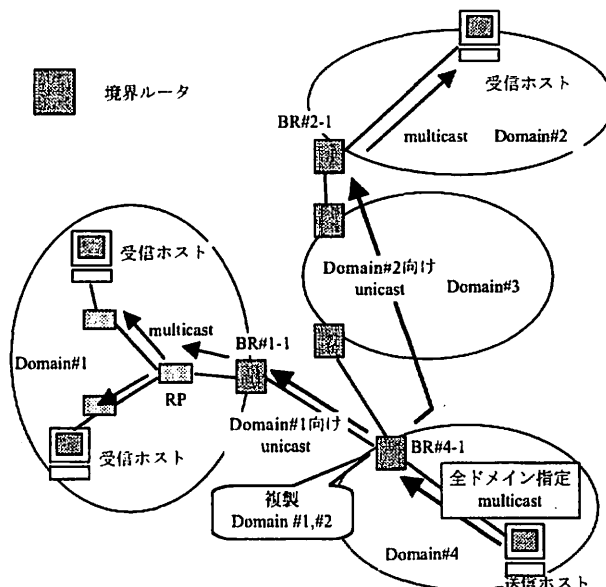
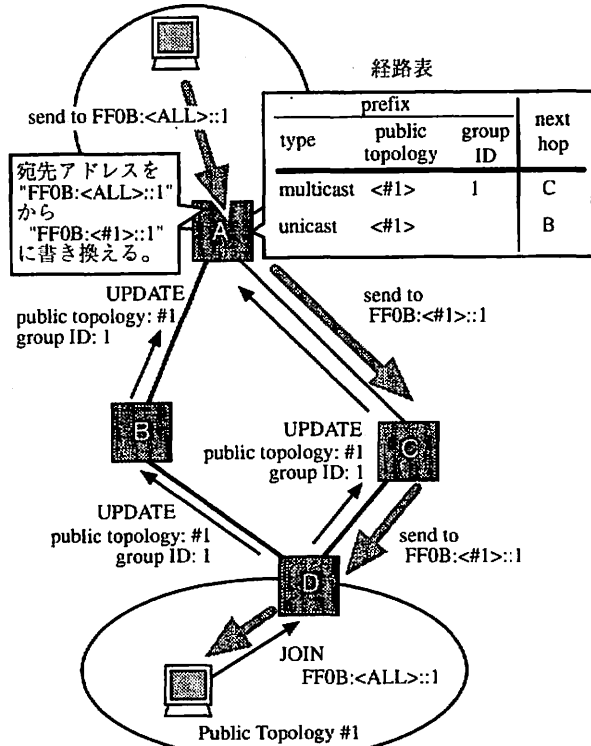


図3 ドメイン間マルチキャスト経路制御方式の概要

#### 3.3 ポリシーに基づく経路制御の実現

DCMアーキテクチャではドメイン間経路制御にBGP4を利用するので、BGP4で実現しているポリシーに基づく経路制御をDCMアーキテクチャに適用可能である。

境界ルータは、各パブリックトポロジーと group ID のペアに対して、経路情報を保持している。従って、DCM アーキテクチャは、パブリックトポロジーと group ID のペア毎に経路制御ポリシーを定義することを可能としている。このポリシーは、そのパブリックトポロジーに対して一般的に適用される経路制御ポリシーと異なってもよい。(図4)



注 <ALL>は全ドメインを示す値(オール1)を、<#1>はPublic Topology #1の値を表す。

図4 ポリシーに基づくドメイン間経路制御のイメージ

### 3.4 まとめ

以上述べたように、DCM アーキテクチャは、ドメイン間経路制御のために新たにドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルを必要としない。ドメイン間マルチキャスト経路制御のために BGP-4 インフラストラクチャを適用することにより、ドメイン間経路制御を行うバックボーンルータの負荷を大幅に軽減することができる。

## 4 評価

本章では、3章で述べた DCM アーキテクチャに基づくドメイン間マルチキャスト経路制御と、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルとの比較評価を行う。最初に、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルとして MSDP および BGMP の概要について述べ、続いて、これらのプロトコルと提案方式との比較評価を行う。

## 4.1 ドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルの概要

### 4.1.1 MSDP

MSDP (Multicast Source Discovery Protocol) [3]は、独立した PIM-SM[4]ドメイン間を相互接続するために提案されたプロトコルである。MSDP は、PIM-SM ドメイン間を相互接続する MSDP ネットワークを構築するために使用される。

PIM-SM ドメインの境界ルータは、MSDP を使って他 PIM-SM ドメインの境界ルータと通信する。境界ルータは、PIM-SM ドメインの RP でもある。PIM-SM ドメインのホストが IP マルチキャストデータグラムの送信を開始する時、当該ドメインの境界ルータは、MSDP SA メッセージを利用して、その情報(即ち、ホストが IP マルチキャストデータグラムの送信を開始したこと)を他の PIM-SM ドメインに周知する。PIM-SM ドメインの境界ルータがドメイン内から PIM-SM Join メッセージを受信した時、既に受信した MSDP SA メッセージで周知された他ドメインの送信ホストに対して、PIM-SM Join メッセージを転送する。結果として、複数の PIM-SM ドメイン上で、IP マルチキャストパケットを配信するための送信元ツリーが構築される。MSDP の方式概要を図5に示す。送信ホストをルートとする共有ツリーが構築されるため、IP マルチキャストデータグラムの配信経路はほぼ最適化されている。一方、受信ホストが存在するすべてのドメインに対して、単一のツリーが構築されるため、大規模な IP マルチキャストアプリケーションに対しては、十分なスケーラビリティがない。

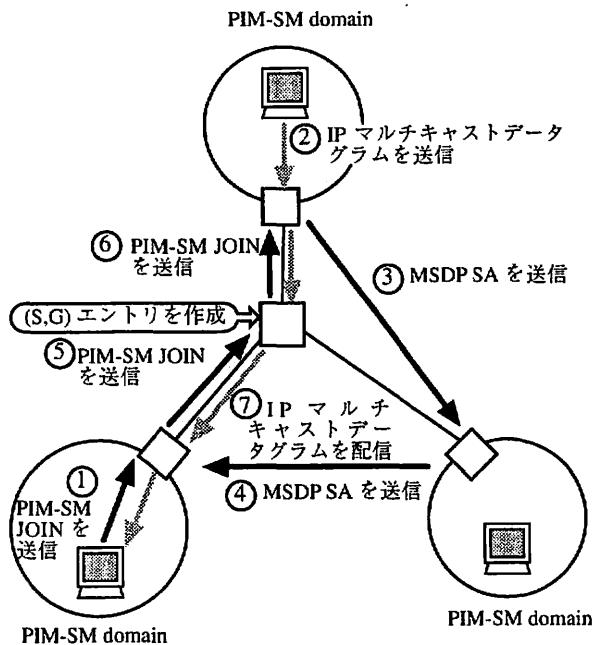


図5 MSDPの概要

### 4.1.2 BGMP

BGMP (Border Gateway Multicast Protocol) [5]は、ドメイン間マルチキャスト経路制御のために、ドメイン間で双方向の共有ツリーを構築するためのプロトコルである。図6を用い

て概要を述べる。

ここでは、PIM-SM がドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルとして使用されていることを想定する。ドメイン E の境界ルータがドメイン内から PIM-SM Join メッセージを受信した時、境界ルータは各グループ毎に決定されるルートドメインに向けて BGMP Join メッセージを送信する。PIM-SM Join メッセージのマルチキャストアドレスを含むアドレス範囲に対してルートドメインは決定される。ドメインへのアドレスの割り当てには MASC (Multicast Address-Set Claim) [6] が利用される。図 6 の例では、IP マルチキャストアドレス ("224.0.1.1") のルートドメインは、ドメイン B である。BGMP Join メッセージは、BGP-4 によって設定された経路情報を利用して、ルートドメインであるドメイン B に向けて転送される。このように、BGMP は、PIM-SM と同様のやり方で、マルチキャストアドレスを割り当てたドメインをルートとする双方向共有ツリーを構築する。ドメイン内から IP マルチキャストデータグラムを受信した時、境界ルータは、その IP マルチキャストデータグラムの宛先マルチキャストアドレスに対して BGMP により構築された双方向共有ツリーを利用して、その IP マルチキャストデータグラムを配信する。このようにして、BGMP では IP マルチキャストデータグラムをドメイン間で配信する。

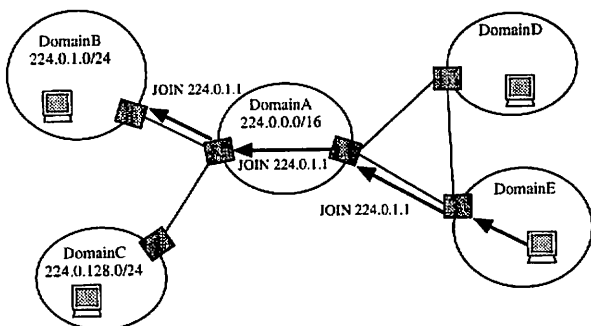


図 6 BGMP の概要

## 4.2 ドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルとの比較評価

ドメイン間マルチキャスト経路制御に関する要求条件は [7] にまとめられている。これらに関して、DCM アーキテクチャに基づくドメイン間マルチキャスト経路制御と、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコル (MSDP および BGMP) との比較評価を行う。

### 4.2.1 経路情報の量

送信元ツリー型のマルチキャスト経路制御プロトコルの場合、IP マルチキャストデータグラムの経路制御のために、(S, G) エントリと呼ばれる送信ホストとマルチキャストアドレスのペア毎の経路情報を保持する必要がある。一方、共有ツリー型のマルチキャスト経路制御プロトコルの場合、IP マルチキャストデータグラムの経路制御のために、(\*, G) エントリと呼ばれるマルチキャストアドレス毎の経路情報を保持する必要がある。(S, G) エントリと比べてルータで保持

すべき情報量が少ないので、(\*, G) エントリの方が経路情報の量の観点からは望ましい。この要求条件は、ドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルのスケーラビリティを実現するために非常に重要である。

DCM アーキテクチャは、BGP-4 で設定されたユニキャスト経路情報を利用することから、マルチキャスト経路制御のために新しいエントリを必要としない。MSDP は、PIM-SM ドメイン間で送信元ツリーを構築することから、MSDP ルータはマルチキャスト経路制御のために (S, G) エントリを保持することになる。BGMP は、マルチキャスト経路制御のために双方向の共有ツリーを構築するため、BGMP ルータは (\*, G) エントリを保持する。加えて、BGMP は、効率的なマルチキャスト経路制御のために送信元ツリーを構築してもよい。この場合、BGMP ルータは (S, G) エントリも保持することになる。

### 4.2.2 経路情報の維持管理

IP マルチキャストデータグラムの配信経路を最適な状態に維持することは、非常に重要である。そのためには、ドメイン内で最初の受信ホストがマルチキャストグループに参加した場合、速やかにそのドメインに対して配信経路を設定する必要がある。同様に、ドメイン内で最後の受信ホストがマルチキャストグループを離脱した場合、速やかにそのドメインに対して設定した配信経路を削除する必要がある。このことは、受信ホストの参加、離脱に対応して、IP マルチキャストデータグラムの配信ツリーの形状ができるだけ速やかに変化する必要があることを意味する。そのためには、経路情報をドメイン間で頻繁に交換する必要がある。しかしながら、頻繁な経路情報の交換はパケット紛失の原因となる可能性があり、結果としてネットワークの経路情報が不安定になる可能性がある。従って、経路情報の維持管理に関しては、経路情報の最適性と安定性のバランスを考慮する必要がある。

DCM アーキテクチャでは、境界ルータがドメイン内で最初の受信ホストを検出した時、他ドメインに対して経路情報を周知する。この周知のために、BGP-4 のインフラストラクチャを利用する。

MSDP では、ドメイン内で新しい送信ホストを検出した時、境界ルータは、他ドメインに対して MSDP SA メッセージを利用してその送信ホストの周知を開始する。その送信ホストが IP マルチキャストデータグラムを配信し続ける限り、このメッセージは定期的に周知される。境界ルータは、ドメイン内から PIM-SM Join メッセージを受信した時、受信済みの MSDP SA メッセージにより既に周知された送信ホストに向けて、PIM-SM メッセージを送信する。結果として、PIM-SM ドメイン間で PIM-SM の送信元ツリーが構築される。

BGMP では、境界ルータがドメイン内で受信ホストを検出した時、ドメイン間で配信経路が設定される。4.1.2 で述べたように、配信経路は BGMP Join メッセージをルートドメインに対して送信することにより構築される。

DCM アーキテクチャと BGMP では、ドメイン内で受信ホストを検出した時、直ちに配信経路が構築される。従って、配信経路は MSDP よりも最適な状態で維持される。しかしながら、送信ホストが存在しない場合、結果として、不必要

な配信経路が構築されることになる。一方、MSDP の場合、不必要な配信経路は構築されないが、受信ホストが存在しない場合、不必要な送信ホストの周知が定期的に発生することになる。

#### 4.2.3 マルチキャスト経路制御の効率

IP マルチキャストのドメイン間経路制御においても、配信経路が最適化されていることが望ましい。一般に、BGMP のような共有ツリー型のマルチキャスト経路制御プロトコルは、MSDP のような送信元ツリー型のマルチキャスト経路制御プロトコルに比べて、配信経路が最適化されていない。

DCM アーキテクチャでは、BGP-4 を利用して、IP ユニキャストと同様のやり方で配信経路が構築される。従って、4.2.4 で述べるポリシーに基づく経路制御の影響を除外すると、配信経路は十分に最適化されている。

MSDP では、PIM-SM の送信元ツリーを構築するメカニズムを使用して、送信ホストをルートとする配信ツリーを構築するので、配信経路は最適化されている。

BGMP では、IP マルチキャストデータグラムを配信するために、ルートドメインをルートとする双方向の共有ツリーを構築する。従って、BGMP の配信経路は、DCM アーキテクチャ及び MSDP の配信経路に比べると最適化されていない。BGMP の配信経路は、受信ドメインが存在するドメインの境界ルータから送信ホストが存在するドメインの境界ルータに向けて、ショートカット経路を構築することにより、ある程度、最適化可能である。

#### 4.2.4 ポリシーに基づく経路制御

BGP-4 のようなドメイン間経路制御プロトコルは、ポリシーに基づく経路制御を可能としている。ポリシーに基づく経路制御は、ポリシー（例えば、ビジネス契約上の理由など）に基づいて、2つのドメイン間で、必ずしも最適ではない経路を設定することを可能とする。ドメイン間マルチキャスト経路制御においても、ポリシーに基づく経路制御が実現できることが望ましい。マルチキャスト経路制御のポリシーは、

ユニキャスト経路制御のポリシーと独立に設定できることが望ましい。2つのドメイン間で配信経路を設定する場合、経路が特定の第三者のドメインに依存しないことが望ましい。例えば、配信経路が、必要な QOS レベルを提供しない特定のドメインに依存することは望ましくない。代表的な例としては、共有ツリー型のマルチキャスト経路制御プロトコルを使用する時に、共有ツリーのルートが望ましくないドメインである場合が挙げられる。

DCM アーキテクチャでは、ドメイン間マルチキャスト経路制御に BGP-4 を使用するので、BGP-4 と同レベルのポリシーに基づく経路制御を実現することが可能である。加えて、BGP-4 で設定されるユニキャスト経路制御のポリシーと独立に、マルチキャスト経路制御のポリシーを設定することが可能である。また、経路が特定の第三者のドメインに依存することを避けることが可能である。

MSDP では、PIM-SM ドメイン間の配信経路は、PIM-SM の送信元ツリーを構築するメカニズムを利用して設定される。BGP-4 により設定されたユニキャスト経路制御のポリシーを利用して、PIM-SM Join メッセージが送信ホストの存在するドメインに向けて送信されると仮定すると、IP ユニキャスト経路制御と同じレベルのポリシーが実現できる。送信ホストが存在するドメインをルートとする送信元ツリーが構築されるので、特定の第三者のドメインに依存することを避けることが可能である。

BGMP では、MASC により IP マルチキャストアドレスの範囲がドメインに付与された時、BGP-4 を利用して、IP マルチキャストの配信経路が IP ユニキャストの配信経路と独立に構築される。従って、マルチキャスト経路制御のポリシーは、ユニキャスト経路制御のポリシーと独立に設定可能である。BGMP は、ドメイン間マルチキャスト経路制御のために、IP マルチキャストアドレスを付与したドメインをルートとする双方向の共有ツリーを構築するので、ある程度、第三者のドメインに依存することが避けられない。しかしながら、双方向の共有ツリーに加えて、ドメイン間でショートカット経路を設定することにより、第三者ドメインへの依存性を緩和することができる。このメカニズムは、送信ホストが IP マルチキャストアドレスを付与したドメインと異なる

表 1 ドメイン間マルチキャスト経路制御に関する比較評価のまとめ

評価項目	DCM アーキテクチャ	MSDP	BGMP
経路情報の量	ユニキャスト経路表のみを使用。	(S,G) エントリ。	(* ,G) エントリ。
経路情報の維持管理	ドメイン内で受信ホストが検出された時に、配信経路を設定。	送信ホストの存在を周知。ドメイン内で受信ホストが検出された時に、送信ホストへの配信経路を設定。	ドメイン内で受信ホストが検出された時に、配信経路を設定。
マルチキャスト経路制御の効率	ユニキャスト経路と同じレベルで最適化されている。	ユニキャスト経路と同じレベルで最適化されている。	共有ツリーアーキテクチャのため、他と比べて最適化されていない。
ポリシーに基づく経路制御	BGP-4 と同じレベル。ユニキャスト経路制御のポリシーと独立。第三者のドメインに依存しない。	ユニキャスト経路制御と同じポリシー。第三者のドメインに依存しない。	BGP-4 と同じレベル。ユニキャスト経路制御のポリシーと独立。第三者のドメインに依存。
ドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルからの独立性	独立。	PIM-SM に依存。	独立。

ドメインに存在する場合に有効である。この場合、ショートカット経路は、送信ホストが存在するドメインと受信ホストが存在するドメインの間で設定される。

#### 4.2.5 ドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルからの独立性

ドメインは、その運用ポリシーに基づいて、使用するドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルを決定する。ドメイン間経路制御に影響を与えることなく、ドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルを変更できることが望ましい。従って、ドメイン間マルチキャスト経路制御のアーキテクチャは、ドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルと独立に設計することが望ましい。ドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルには、PIM-SM のような共有ツリー型マルチキャスト経路制御プロトコルと DVMRP のような送信元ツリー型マルチキャスト経路制御プロトコルが存在する。従って、ドメイン間マルチキャスト経路制御のアーキテクチャは、両方の型のマルチキャスト経路制御プロトコルがドメイン内で使用されることを前提として設計する必要がある。

DCM アーキテクチャは本質的にドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルとは独立に設計されている。BGMP は既存のドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルとの相互接続を考慮して設計されている。この目的のために、BGMP は、PIM-SM、DVMRP などのドメイン内経路制御プロトコルとの相互接続ルールを規定している。MSDP は、各ドメインが PIM-SM をドメイン内経路制御プロトコルとして使用することを前提として設計されている。

#### 4.3 まとめ

以上の比較評価の結果を表1にまとめる。

以上から、提案する DCM アーキテクチャは、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルと比較して下記の点ですぐれている。

- (1) DCM アーキテクチャは、ドメイン間マルチキャスト経路制御に既存の BGP-4 インフラストラクチャを使用するため、新たなドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルをドメイン間ルータに実装する必要がない。結果として、ドメイン間ルータの負荷を大幅に削減する。
- (2) 4.2 の評価で、1) 経路情報の量、2) マルチキャスト経路制御の効率、3) ポリシーに基づく経路制御、4) ドメイン内マルチキャスト経路制御プロトコルからの独立性に関しては、他プロトコルと比較して、同等かそれ以上に優れている。

なお、4.2 の評価で、経路情報の維持管理に関しては、各方式に一長一短があり、どの方式が優れているかについては、一概には決定できない。

## 5 おわりに

本稿では、ドメイン限定マルチキャストのドメイン間マルチキャスト経路制御への適用と、既存のドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコル (MSDP, BGMP) との比較評価について述べた。

DCM アーキテクチャはドメイン間経路制御に既存の BGP-4 を利用しているため、新たなドメイン間マルチキャスト経路制御プロトコルを必要としない。結果としてドメイン間ルータの負荷を軽減できる可能性がある。

DCM アーキテクチャは、大規模マルチキャスト配信の実現に向けて、IP ユニキャストと IP マルチキャストの利点を最大限に活用するために、両者の統合を図った最初の研究である。

今後、試作システムによる DCM アーキテクチャの有効性の評価、IETF などへの標準化提案などについて検討を進める予定である。

## 参考文献

- [1] 石川憲洋, 藤原廣則, 上野英俊, 鈴木偉元, 高橋修, "ドメイン限定マルチキャストの提案", マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO 2001)シンポジウム論文集 pp.313-318, 2001
- [2] R. Hinden, M. O'Dell, S. Deering, "An IPv6 Aggregatable Global Unicast Address Format", RFC2374, July 1998.
- [3] D. Meyer, D. Ferner, "Multicast Source Discovery Protocol (MSDP)", Internet Draft draft-ietf-msdp-spec-10.txt (Work in Progress), May 2001.
- [4] D. Estrin, D. Farinacci, A. Helmy, D. Thaler, S. Deering, M. Handley, V. Jacobson, C. Liu, P. Shanna, L. Wei, "Protocol Independent Multicast-Sparse Mode (PIM-SM): Protocol specification", RFC2362, June 1998
- [5] S. Kumary, P. Radoslavov, D. Thaler, C. Alaettinoglu, D. Estrin, M. Handley, "The MASC/BGMP Architecture for Inter-domain Multicast Routing", SIGCOMM'98, August 1998
- [6] P. Radoslavov, D. Estrin, R. Govindan, M. Handley, S. Kumar and D. Thaler, "The Multicast Address-Set Claim (MASC) Protocol", RFC 2909, September 2000.
- [7] D. Meyer, "Some Issues for an Inter-Domain Multicast Routing Protocol", Internet Draft draft-ietf-mboned-irmp-some-issues-03.txt (Work in Progress), November 1997.