

## 第17部

### グループ通信技術の研究開発

村本 衛一、河口 信夫、竹内 奏吾、今井 祐二

---

#### 第1章 はじめに

---

SAM-WGとは、Scalable Adaptive Multicast WGの略であり、かつてXCAST-WGで行われてきた多地点通信プロトコルに関する研究開発を引き継ぎ、グループ通信技術関連技術全体に研究のスコップを拡大し2008年3月に発足したWGである。本年度は、ALMマルチトークの試作を用いた遠隔講義の実証実験を実施した。商品化も完了し、2013年3月にSAM-WG に関連する学生の皆様も卒業されたことから、本WGは本年度でクローズする。本報告では、closingの報告として、これまでの活動を総括する。

#### 1.1 XCAST-WGの歴史

XCASTはeXplicit Multi-Unicastの略称で、ユニキャスト宛先リストをIPオプションヘッダに明示的に埋め込むことで、IPパケットをインターネットの複数のノードに複製しながら配送する仕組みである。マルチキャストはパケットの同時配送機構で、1990年代後半までにグループアドレス型がIETF標準技術として成熟し、実インターネットでの展開方法に論点を移していた。一方で、遠隔ビデオ会議などにアプリケーションの適用を広げるため、受信メンバーは少ないがグループ数が大量となる配信への対応が求められていた。この種のアプリケーションへグループアドレス型マルチキャストをそのまま適用すると、インターネットのコアルータにおいて経路表状態数が膨大となるため、スケーラビリティ上の問題が懸念されていた。本課題の解決策として、富士通研究所よりMDO6 (Multiple Destination Option on IPv6)が1999年にInternet Draftとして寄書された。MDO6では、グループマルチキャストアドレスに替えて、複数のユニキャストアドレスを新しく定義したIPv6 routing headerに列挙することとし、ユニキャスト経路情報のみで、パケット

の複製・配信が実施できる。同様の問題意識とアイデアを元に、AlcatelのCLM (Connectionless Multicast)、IBMのSGM (Small Group Multicast) が寄書された。46th IETF (Nov, 1999) に3者で協議しXCASTの共同標準化を開始した。12月にbasic XCAST specificationとしてInternet Draft化された。2000年WIDE内にXCAST-WGを設立し、共同寄書したInternet-Draftをもとに、参照実装を作成しWIDE IPv6バックボーン上での実証実験と関連研究開発を実施した。開発した技術や普及展開の代表的な活動は以下の通りである。

- MDO6実装(FreeBSD 2.X, 3.X)
- XCAST6実装(FreeBSD 2.X, 3.X, 4.X, Linux)
- mbone tool(vic, rat) のXCAST6 の移植
- Live CD型XCAST6環境(愛称:エブフリヤー CD) の作成、普及展開(Users Groupとの協業)
  - FreeBSD版 後藤大地(CBUG)
  - NetBSD版 濱嶋克臣(NBUG)
  - KNOPPIX版 アルファ株式会社
- グループ管理機構の開発(富士通研究所、名古屋大学、東京大学)
- フロー制御技術開発(富士通研究所、パナソニック)

これら手法は、次節で述べる実証実験網(X6-bone)を基盤に、WIDE内外の研究者・オープンソース開発者を巻き込みながら、実利用状況に近い環境で、実験・イベント・デモンストレーションを継続的に実施した。これらの開発・運用実績を元に、IETF・IRTFでの議論を重ね、2006年にIRTF SAM (Scalable Adaptive Multicast)-RGを設立し、2007年にRFC5058(Explicit Multicast (Xcast) Concepts and Options) を発行した。

## 1.2 X6-boneの歴史

X6-boneは、半透過トンネル手法に頼らない、XCAST6 ルータ間を直接結ぶネットワークで、XCAST6自身の継続的な運用実績の積上げと、関連の研究開発を行う基盤として構築した。慶応大学湘南藤沢キャンパス内に設置されたXCAST6 PCルータをハブとし、IPv6トンネルをスター型に敷設する仮想ネットワークであった。2001年6月にWIDEプロジェクトより2001:200:161::/48のアドレス空間の割り当てを受け、最初の拠点(University of California Irvine内MDO6設備)を慶応大学湘南藤沢キャンパスに収容した。2002年9月より、3ffe:51b::/32のアドレス空間の割り当てを受け、協力団体に/40のプレフィックスを配布し、構成員に/48を再配布するというポリシーで、複数組織にまたがる運用実験へ拡大した。協力参加組織は、BSD ユーザーグループ6団体、海外研究機関2団体、地域XCASTファンクラブ2団体、Linux LiveCD開発グループ1団体の合計11団体に達した。2003年4月に、3ffe:51b::/32アドレス空間への移行が完了したことから、2001:200:161::/48を返却した。2006年には6bone廃止にともない、2006年4月に新たに2001:200:161::/48アドレス空間の割り当てを受け、移行を完了させた。2011年に起きた東日本大震災後の電力不足の影響で、2011年3月にXCAST6ハブルータを停止させた。一年後の2012年3月にXCAST6ルータを再稼働させ、X6-boneの運用を再開させた。

## 1.3 SAM-WGの歴史

SAM-WGとは、Scalable Adaptive Multicast WGの略であり、XCAST-WGの後継として、グループ通信技術関連技術全体に研究の scope を拡大し2008年3月に発足したWGである。マルチプラットフォームで動作するアプリケーション開発ツールキットSAMTKを中心とした活動、3次元仮想空間アプリケーションの構築、XCAST6 Engineに関する研究開発、ALM商品化に関する研究開発が行われた。

### 1.3.1 SAMTKを中心とした活動

SAMTK: Scalable Adaptive Multicast Toolkitとは、XCAST6をはじめ、ALMやOMなどのプロトコルを適切に評価するために必要な、実際に利用可能な多地点通信アプリ

ケーションを開発するためのツールキットである。下位層のプロトコル実装とは独立な共通APIを定義し、プロトコルに依存しない多地点間通信アプリケーションを構築可能としている。このSAMTKを用いた代表的な研究開発は以下の通りである。

- ALR (application Layer Router) 設計実装。参照: wide-paper-sam-kawaguti NAT-free-3D-Video-Conferencing2009-00.txt
- 3次元仮想空間アプリケーション。参照: wide-paper-sam-nishiura 3D-Video-Communication2009-00.txt
- 多地点間通信のためのアプリケーション層トラフィックエンジニアリング

### 1.3.2 XCAST6 Engine

名古屋大学のOdira Elisha Abade氏を中心にXCAST6のパケットをルータの特定ポートから専用ハードウェア(XCAST6 Engine)に転送処理する方法論に関する研究が行われた。参照: wide-paper-sam-abade XCAST6-Routing-Engine-ID2009-00.txt OMnet++への実装、これを用いたXCASTへのQoS機構の導入、LISPとの融合が開発された。Abade氏には2012年名古屋大学よりPhDが授与された。

### 1.3.3 ALM商品化の活動

パナソニックのTV会議システムHDコムにALMを導入する取組みを行い2011年に商品化を行った。参照: wide-paper-sam-ALMProduct2013-00.txt また、2013年2地点の会話を多地点に配信できるALMマルチトークを遠隔授業で実証について報告した。参照: wide-tr-muramoto-almmultitalkexp-00.pdf

## 1.4 closingについて

本WGは、プロトコルの研究開発、普及、標準化、商用化、まで一通りの活動を展開してきた。活動する学生メンバーも卒業されたこともあり、本WGは2013年12月でクローズすることで合意した。