

## 第 X 部

# Explicit Multicast



## 第10部 Explicit Multicast

---

### 第1章 はじめに

---

明示的マルチキャスト (XCAST: eXplicit Multicast) は、従来の ISM(Internet Standard Multicast) でのグループアドレスに変えて、パケットヘッダに到達すべき複数のマルチキャストアドレスを明記することで宛先を指定するマルチキャスト方式である。XCAST は ISM にくらべてグループメンバー数に制約がある一方で、グループ数に関するスケーラビリティに優れており、多地点ビデオ会議やネットワーク対戦型ゲームなど、多数のエンドユーザーがプライベートなマルチキャストグループに対して発信が必要な用途に有効である。

WIDE project では 1999 年度に v6 WG の活動として XCAST の研究開発を開始し、XCAST の概念に基づいた MDO6(Multiple Destination Option on IPv6) を独自に Internet Draft として IETF に提案し、これを元に MDO6-kit の実装と WIDE 6Bone 上での試用を開始した。並行して 2000 年に同時期に XCAST 概念に基づく同種の提案を行っていた IBM, Alcatel のグループと協調し、統一 XCAST プロトコルを策定し Internet Draft として提案した。2000 年 11 月より WIDE 内で独立した WG としての活動を開始し、2001 年に統一 XCAST 提案に基づくプロトコル試作 XCAST6-kit を作成し、インターネットコミュニティへの公開と試用実験を開始し、現在に至っている。

本報告書では 2002 年の XCAST WG の活動を以下の順に報告する。

#### XCAST6 実装の拡大

XCAST 統一提案に基づいた IPv6 向け実装の対応プラットフォームを拡大した。さらに X2U 機構、選択的な ICMP への反応機構を実装に追加した。

#### Weekly meeting 試用

2001 年度に引き続き WIDE XCAST WG メ

ンバーによる週次ベースのミーティングとして XCAST6 プロトコルを用いたアプリケーションの試用を行った。

#### KR-JP 相互接続実験

韓国 IPv6 研究グループと協調し、韓日双方が独立に作成した XCAST6 実装間で相互接続を実証した。

#### XCAST NLA1 実証網

XCAST6 非対応ネット上の大量の端末間 daisy chain 型配送や、ADSL による端末収容時の上り回線帯域不足によって引き起こされる、通信品質劣化を解消するため、XCAST ルータを積極的に配置し端末を収容するための IPv6 ネットを作成し運用を開始した。

#### VNC 適用

AT&T 研究所が開発した遠隔デスクトップ共有アプリケーション VNC を、複数端末間での画面差分配送プロトコルを UDP/XCAST を用いるように改造した。

---

### 第2章 XCAST 実装の拡大

---

XCAST は、Alcatel, IBM, WIDE Project/富士通研究所が共同で提案している小規模グループのための明示的マルチキャストプロトコルである。XCAST は以下のような特徴を持つ。

- マルチキャスト宛先をユニキャストアドレスのリストとして表現する。
- IPv4、IPv6 の両プロトコルをサポート
- 配送状況の bitmap による表現
- ポートリスト
- DSCP リスト
- 経路キャッシュ-ISM との整合性を考慮した channel ID
- core network での対応を待たずに end-to-end の使用開始を可能にする漸近的導入のための機構
- X2U(xcast-to-unicast) 変換による XCAST 非

## 対応ノードでのパケット受信

WIDE project/富士通研究所は Alcatel, IBM などと共同で XCAST の IETF での標準化活動を行っており、2000 年度より Internet-Draft(draft-ooms-xcast-basic-spec-03.txt) の寄書と update を行っている。また上記 3 グループに ETRI(韓国電子通信技術院)/Soongsil University を加えた 4 者でプロトコルの実装と相互接続性の実証作業を行っている。WIDE project/富士通研究所は韓国グループとともに IPv6 版を担当している。

本年度 IPv6 版実装について以下の進展があった。

BSD 版 XCAST6-kit の対応プラットフォーム拡大

2001 年度に WIDE project/富士通研究所では XCAST6-kit 0.1.0 を作成し BSD 形式のライセンスで公開してきた。本年度は昨年までの実装を基に以下の改良を加えた XCAST6-kit 0.1.2 を作成した。

対応プラットフォームの拡大

XCAST6-kit 0.1.0 の NetBSD 1.5.2 に加え、NetBSD 1.6 とユーザからの要望の多かった FreeBSD 4.6.2 への対応を行った。新版のリリースにより BSD コミュニティでの使用者が拡大するとともに、FreeBSD 4.7-p2, 5-current などへの対応版が WIDE グループとは独立して行われるようになった。NetBSD に関しては、MIPS, PowerPC など各種 CPU プラットフォーム上での動作確認作業が行われた。

X2U ルーター機能の実装

IPv6 プロトコルスタックに改造を加えられない OS で XCAST パケットが受信できるように、配送の途中のルーターで XCAST パケットを Unicast パケットに変換する X2U 機構 (XCAST-to-Unicast) を実装した。X2U を行うかどうかは動作中に sysctl コマンドで変更が可能である。この機構を用いて Windows XP で XCAST アプリケーション (vic, rat) を動作させることが可能となった。受信は X2U ルーターを中間にはさみ、送信は libxcast(XCAST パケット送信用ライブラリ) が直接 XCAST パケットを作成し raw socket から送出することで行っている。

選択的な ICMP への反応

XCAST6 パケットが宛先リストの特定の端末に到達できるかどうか、到達する場合の経路はどのようになっているかをしらべるために、Unicast にお

ける ping6, traceroute6 と同様な機構があると便利である。ping6, traceroute6 はそれぞれ ICMP6 echo reply, ICMP6 time exceeded を用いて、端末と途中のルーターからの反応を得て到達性と経路の探査を行っている。しかし XCAST でこの機構を単純に実装すると、1 つの探査パケットに対して、注目したい最終宛先以外の宛先端末やそれ以外の経路上のルーターまで反応し ICMP6 の reply を返してしまうため、探査プログラムは複数の reply の中から目的の reply を抽出しなくてはならない。また、1 つのパケットに複数の reply を引き起こせるので source address spoofing による DoS の手段に使われる可能性がある。これをさけるために、選択的な ICMP への反応機構 (selective ICMP reflection) を提案し実装した。XCAST6 routing header および半透過トンネルのための hop by hop header にパケットがリスト中の何番目の宛先へ向かっているときに ICMP の反応を起こすべきかを指定するフィールドを追加し、ICMP6 echo reply などに反応する際指定された宛先端末、もしくは端末に向かっているパス上のルーター以外は反応を抑制するようにした。

Linux 版 XCAST6

協調して開発・標準化活動を進めている ETRI/Soongsil University から、Linux 2.4.17 への差分として XCAST6 プロトコルスタックがリリースされた。ユーザーランドの vic, rat アプリケーションおよびグループ管理機構の xcgroup は WIDE/富士通研究所版が使用されている。WIDE プロジェクトでもこれを入し動作確認を行った。

---

## 第 3 章 試用実験

---

### 3.1 weekly meeting

2001 年度から引き続き、WIDE 6Bone を使用した XCAST6 試用実験を週 1 回の定例で行っている。本年のミーティングでは各グループの研究紹介、各種試用実験の運用のための連絡などを主に行った。ミーティングは総計 30 回開催され、のべ 130 名の参加があった。

### 3.2 拡大 XCAST meeting

weekly meeting では、参加者が主に WIDE 6Bone 内から接続しており帯域環境が大変良好である。XCAST が実際の商用インターネット環境で有効であるかを試すため、さらに XCAST の普及を促進するイベントをかねて、WIDE プロジェクトメンバの外から参加者を募った拡大 XCAST ミーティングを開催した。主に国内各所の地域 BSD ユーザー会を中心に募集を行い総計 5 回のミーティングを開催した。

### 3.3 KR-JP 相互接続実験

ETRI/Soongsil University の Linux 版 XCAST6 のリリースを契機に、両者の実装の相互接続性検証を行った。WIDE 側は IETF 横浜会合期間中のパシフィコ横浜ターミナルルームを含む N 会場と、日本国内の 2 つの BSD ユーザー会が、WIDE 6Bone をふくむ JP 6Bone、韓国側は Soongsil University が ETRI をハブとする 6Bone-KR を経由して参加した。会期中に 2 回の集中的な接続期間を設け、xcgroup を用いたグループ管理、vic による相互の映像交換が確認できた。参加団体は以下のとおり。

- Soongsil University
- 株式会社富士通研究所
- 富士通株式会社
- 奈良先端科学技術大学院大学
- 東日本電信電話株式会社
- 松下電器産業株式会社
- 株式会社ソニーコンピュータサイエンス研究所
- 電気通信大学
- 北海道\*BSD ユーザーズグループ
- 名古屋\*BSD ユーザーズグループ

### 3.4 XCAST NLA1 実証網

各種の実証実験を通じて判明した知見として、半透過トンネルによる漸近的展開手法は、ネットワーク管理者の手を煩わせることなしに、エンドユーザが気軽にマルチキャストに参加できることがわかった。一方で、参加する端末のネットワーク接続状況と配送リストの順番によっては、マルチキャストグループ参加者全体でパケット配送遅延の増加やパケットロスの増加が著しくなる場合が多々あることがわかった。

<sup>1</sup> <http://www.uk.research.att.com/vnc/index.html>

これらの現象の原因にはさまざまな要因が考えられ、解消する手法もいろいろなのが考えられる。根本的には XCAST を解釈し分岐を行うルーターの展開がインターネット全域的に行われることであるとする立場から、XCAST ルータによる IPv6 ネットワークを構築することとした。XCAST WG ではこのために WIDE 6Bone の pNLA1 より 3ffe:51b::/32 の割付を受け、これを各種協力団体に /40 で配布する実験を開始した。

ネットワーク構成は慶應義塾大学湘南藤沢キャンパス内に設置した XCAST6 ルータ (xgate.sfc.wide.ad.jp) をハブとし協力団体をスター型に v6/v4 トンネルで接続する。協力団体へは /40 を割り付け、これをそれぞれの XCAST ルーターで受けた後、構成員に /48 で配布する。このようにすることでトラフィックを局所化するとともに、XCAST の分岐がルーターで必ず起こるネットワークを仮想的に構築する。

現在、CBUG(調布 / 西東京\*BSD ユーザーズグループ) を 3ffe:051b:4400::/40 で収容しており、体感的に XCAST グループのメンバが増加した場合でも伝送品質が劣化しないという報告を受けている。

### 3.5 VNC for XCAST6 の実装

#### 3.5.1 VNC とは

VNC とは、遠隔のコンピュータのデスクトップを手元で閲覧操作することを実現する英国の AT&T 研究所がフリーウェアとして提供しているクライアントサーバ型ソフトウェアである。<sup>1</sup>

VNC のサーバ (Xvnc) とクライアント (vncviewer) との間のプロトコルは、『画面から書き変わった長方形の領域を切り出して転送する』という RFB(Remote Frame Buffer) と呼ばれる簡素な概念に基づいて設計されている。(図 3.5.3 参照)

クライアントで発生したマウス動作、キーボード操作等のイベントは、TCP の接続を通じてサーバ側に通知され処理される。

#### 3.5.2 XCAST6 化の実装状況

本実装は、RFB プロトコルの長方形の領域を転送する部分を XCAST6 に対応させたものである。

ベースとした実装は、UNIX 向け VNC のバージョン 3.3.3r2 に対して KAME プロジェクトから提供されている IPv6 用パッチを適用したものである。

XCAST6 化の工程は、UDP 対応、multicast 対応、XCAST6 対応に分けられる。それぞれの工程における修正内容を説明する。

#### UDP 対応

信頼性のあるトランスポートを前提とした作り込まれているアプリケーションの UDP 化を行う場合、アプリケーションレベルでのフレーミングを意識して改造を行う必要がある。[39] 今回の VNC の修正では、vncviewer (受信側) において RFB 単位で、そのヘッダを検出できるようトランスポート機能の改定を行った。また、vncviewer の描画動作中に到着するパケットを受信バッファから溢れさせないため、受信プロセス、描画プロセスに分け、共有メモリ上のリングバッファを通じて受信した RFB メッセージの受渡しを行わせた。これにより、描画動作時間の差異を吸収させた。

#### multicast 対応

UDP 対応の工程が完了すれば、multicast 対応自体は容易である。サーバ側 (Xvnc) にパケットの出力インターフェイスを指定する処理を追加し、クライアント側 (vncviewer) に MLD の Listener Report (JOIN) を発行させるように修正を加えれば良い。

本来のアプリケーションの要求としては、ウィンドウフレームの描画など重要な RFB に FEC 等を用いて耐性をつけたり、様々な能力の受信者に対応するためセッションに先立って送信速度の交渉を行うなどの対策が必要であると考えられる。しかし、本実装では、単純に multicast 化したのみであり、これらの要求には対応していない。また、今回の実装ではマウス動作やキーボードイベントを TCP でサーバに返す部分に変更を加えていないため、受信者の数はサーバ側で許容される TCP セッションの最大数により制限される。

#### XCAST6 対応

サーバ側 (Xvnc) に MBUS[78] 対応の socket を設け、受信者リストを通知する MBUS コマンドである xcgroupp.member コマンドを解釈させ、XCAST6 送信ソケットの宛先メンバーリストの更新を行うように機能追加した。クライアント側 (vncviewer) は、XCAST6 の受信ソケットに対応させた。

#### 3.5.3 VNC for XCAST6 の利用例

XCAST6 が得意とするグループ通信の典型的な利用シーンとしては、複数の参加者が、地図を見ながら待ち合わせ場所を調整するシーン、プレゼンテーションツールを見ながら、改善のための意見交換を行う場面、カレンダーを見ながらスケジュールの調整を行う状況、などが想定される。

VNC サーバ (Xvnc) で、ImageMagic のような描画ソフト、Magicpoint のようなプレゼンテーションツール、カレンダーを表示している Web ブラウザ、を起動しておき、複数の参加者が vncviewer でこれらの画面を共有しながら会話することで、上に述べたグループ通信を実現することができる。図 3.2 は、Xvnc 上で地図を表示させたセッションの画面の一例である。画面左上が地図を描画ソフトで表示させた vncviewer のウィンドウである。

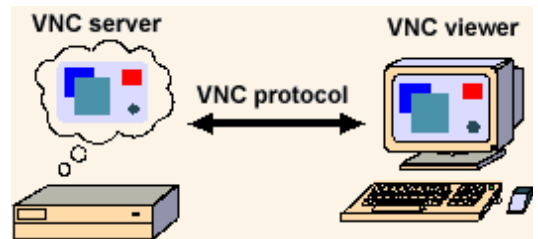


図 3.1. VNC の基本動作

#### 3.5.4 今後の課題

送信速度制御、損失耐性の向上、セッション管理モジュールの開発と他のアプリケーションとの連動が課題である。

##### 送信速度制御

先に述べたように、現在の実装では送信速度制御機構を持たない。図 3.3 の左上の vncviewer の画面は、1.5 Mbps の専用線を介して転送されてきた描画指示 (RFB メッセージ) を受けたものである。Xvnc がバーストで出力する描画指示を受けきれないことがわかる。なお、画面の一部 (例えば、magicpoint のタイトル) が鮮明に表示されている理由は、全画面の描画後に、カーソルを動かしたことで、その部分の再描画が行われたためである。

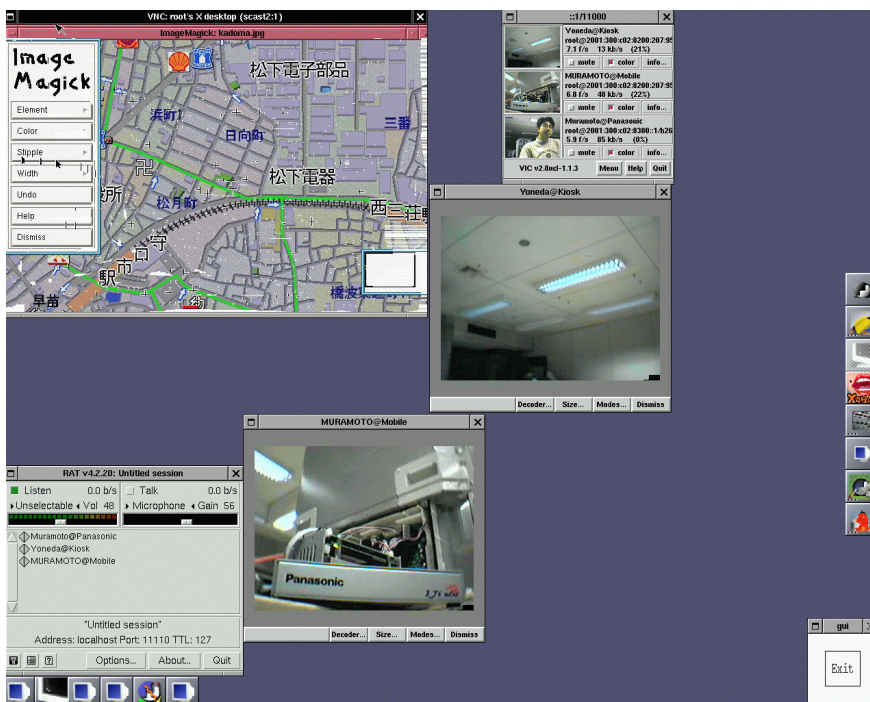


図 3.2. VNC for XCAST6 の利用例 1

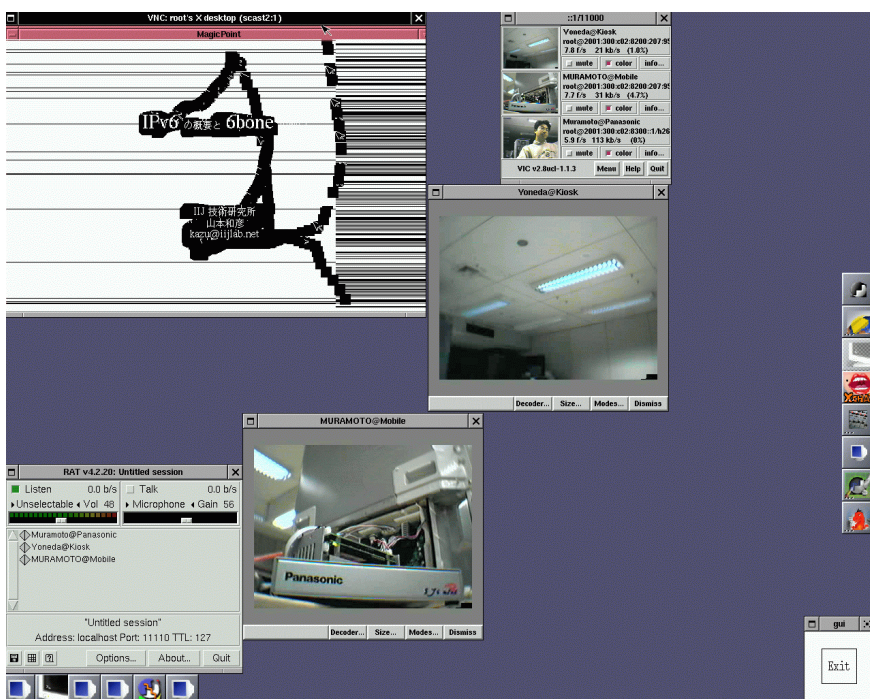


図 3.3. VNC for XCAST6 の利用例 2(1.5 Mbps)

損失耐性の向上

RFB メッセージを受けた場合、vncviewer は、RFB のメッセージ型によりメッセージの意味を解釈し、長方形の描画領域の再描画、カラーマップ更新、

ベルを鳴らす、等の動作を行う。長方形の描画領域を更新する場合、RFB メッセージは多量データ ( 描画のためのビットマップ ) を伴うことがある。RFB のメッセージ型を載せたパケットが損失した

場合、RFB メッセージ全体が意味をなさないため、この部分の損失に対する耐性を高めるべきである。

セッション管理モジュールの開発と他のアプリケーションとの連動

前節で述べたような利用用途の実用化を推進するためには、複数のアプリケーションを同時に用いるようなセッションを容易に開始する仕組みが重要となる。現在の XCAST6 キットで配布されているグループ管理ツール (xcgroup) を強化 / 補完するモジュールを開発し、セッションの開始時に VNC, VIC, RAT と連動させて起動 (停止) できるシステムを実現することが必要である。