

# Look and X : コラボレーション支援における 統合インタフェースの設計と実装

Look and X : Design and Implementation of Integrated Interface  
in Collaboration Support

畑 寛之<sup>†</sup>      平石 広典<sup>††</sup>      西山 裕之<sup>†††</sup>      溝口 文雄<sup>†††</sup>  
Hiroyuki HATA    Hironori HIRAISHI    Hiroyuki NISHIYAMA    Fumio MIZOGUCHI

<sup>†</sup> 東京理科大学大学院理工学研究科

Graduate School of Science and Technology, Tokyo University of Science

<sup>††</sup> 株式会社ウィズダムテック

WisdomTex Inc.

<sup>†††</sup> 東京理科大学理工学部

Faculty of Science and Technology, Tokyo University of Science

j7405628@ed.noda.tus.ac.jp

ネットワークを介したコラボレーションを可能にするための支援システムとして、VoIP やテレビ会議が注目され、企業を中心に導入が進められている。しかしながら、従来のコラボレーション支援システムは、システムの導入や管理が煩雑であったり、NAT 越え問題やセキュリティ等の制約を解消する特殊なネットワーク環境 (専用回線や VPN) が必要であることから、一般的に普及するに至っていない。本研究では、これらの問題を解決し、一般的なネットワーク環境下でのコラボレーションを実現する統合インタフェース Look and X の設計と実装を行った。本システムでは、NAT 越え問題の対応として、透過的なネットワーク環境を提供するためのミドルウェア LampEye を採用する。その上で、コラボレーション時に参加者によって構成される実ネットワーク環境の情報を基に、最適な通信方式を選択すると共に、ネットワーク負荷を分散するために ALM (Application Level Multicast) を導入する。さらに、本システムを Web サービスとして提供し、だれもが簡単に、そして様々なネットワーク環境、マシン環境下で快適なコラボレーションを可能にする。

## 1 はじめに

近年、ネットワークインフラの広帯域化・高速化により、映像や音声といったマルチメディアデータのリアルタイム通信や、大容量データの高速転送が可能になった。これに伴い、マルチメディアベースのコミュニケーションによるコラボレーションが注目され、VoIP (Voice over IP) やテレビ会議などのコラボレーション支援システムが多数登場している。コラボレーション支援システムは、ネットワーク上に仮想会議室や共有空間を構築し、実際の会議と同効果の意思疎通や情報共有を行うことを目的としている。そして、このようなシステムは、地理的に離れた拠点にいる人間同士で容易に意思決定を行う機会を提供するものとして多くの企業で普及している。

一方で、ネットワークを介したコラボレーションを

行うためには、NAT (Network Address Translation) 越え問題<sup>1</sup>やセキュリティなどネットワークの制約を解消しなければならない。企業等では、各拠点が専用回線や VPN (Virtual Private Network) で接続されているため、ネットワークの制約を受けにくいのに対し、一般的に普及しているネットワークインフラでは、この制約を受けることになる。そのため、コラボレーション支援システムは、一般ユーザから敬遠される傾向にある。また、ネットワークインフラの性能向上が進む中で、一般ユーザが有するネットワークインフラは電話回線や ADSL, FTTH など様々で、性能にばらつきがあるため、安定したコミュニケーションをとることが困難になっている。これらの背景を基に、本研究では、一般的なネットワーク環境におけるコラボレーションを可能にする統合インタフェース Look and X を提案する。本システムは、NAT 越え通信機構を備えており、従来のネットワーク制約を解決すると共に、多対多によるコミュニケーショ

<sup>1</sup>パブリックネットワーク側 (外部ネットワーク) から NAT を介したプライベートネットワーク側 (内部ネットワーク) への通信が制限される問題。

ンを行う際のメディアデータ通信に対し、実ネットワーク環境の構成を基に、ALM(Application Level Multicast) により通信経路及び通信方式の最適化を行う。さらに、ユーザビリティを考慮したコラボレーションツールを Web サービスとして提供する。これにより、ヘテロジニアスなネットワーク環境、マシン環境に対応したコラボレーションを実現する。

## 2 関連研究

本章では、従来のコラボレーション支援における代表的な VoIP システムについて、特に通信方式やネットワーク負荷への対策とサービス性についてのアプローチ及びその問題点について述べ、本研究との比較を行う。

### 2.1 H.323

H.323[1] は VoIP システムの代表的なプロトコル体系である。H.323 では、H.225 によるコール制御シグナリングと H.245 によるメディア制御、さらに、T.120 による会議制御により、多拠点会議をサポートする。しかしながら、H.323 は中央集権型アーキテクチャであるため、多拠点のコラボレーションを行うには、MCU(Multi-point Control Unit) が必要になる。また、透過的な通信を確立するために、VPN や SBC(Session Border Controller) を導入する必要がある。

### 2.2 Access Grid

Access Grid[2] は MBone(Internet Multicast Backbone) を用いた IP マルチキャストを基に、VIC(Video Conference Tool) と RAT(Robust Audio Tool) により会議制御フレームワークを提供している。Access Grid では、IP マルチキャストにより、無駄なパケットが発生することがないため、大規模な仮想会議室、仮想会場を構築することができる。一方で、IP マルチキャストの管理は、ネットワーク管理者への負担が大きいため、一般的に受け入れられていない。

### 2.3 Skype

Skype[3] は P2P 型の VoIP システムである。Skype は P2P により構成されるオーバーレイネットワークを用いることで従来のネットワーク制約の問題を解決している。しかしながら、Skype は Skype 社によ

て構築された独自のフレームワーク上での動作のみをサポートするため、汎用性に欠ける。また、コラボレーションを可能にするための仕様が定まっておらず、あくまで純粋な VoIP システムとして存在する。

### 2.4 関連研究の比較

以上の関連研究のアプローチを比較すると、NAT 越え問題やネットワーク負荷への対応には、P2P 方式によるマルチキャストが最も望ましい。本研究も同様に、LampEye により透過的な通信を確保した上で、セッションの参加者によりオーバーレイネットワークを構築し、P2P とマルチキャストを組み合わせた ALM を用いている。また、本システムは、ユーザビリティを考慮したコラボレーションツールと Web サービスを提供するため、一般のネットワーク環境下に存在する不特定多数の一般ユーザに対して快適なコラボレーション環境を提供することができる。

## 3 設計

本章では、ネットワーク制約を解消する通信機構と、サービス性を満足したコラボレーションツールを構築するための設計について述べる。

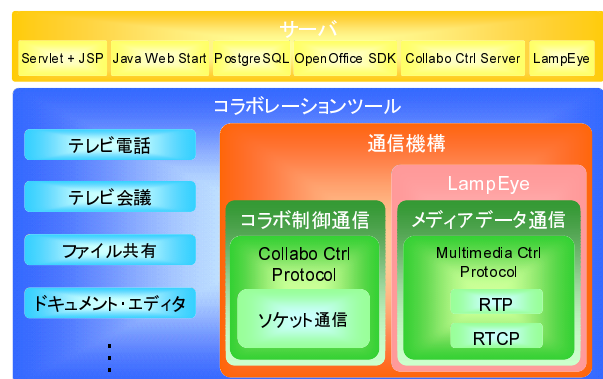


図 1: Look and X アーキテクチャ

図 1 は本システムのアーキテクチャである。コラボレーションツールには、コラボレーションを制御するコラボ制御通信部と、映像と音声の通信を行うメディアデータ通信部があり、この二つの通信機構によりテレビ電話、テレビ会議、ファイル共有などのコラボレーションを実現する。また、コラボレーションにおけるセッションの作成や管理、コンテンツ作成、コラボレーションの実行は、サーバ側にある様々なサービスによって制御され、Web サーバから管理できる。よって、ユーザは、Web ブラウザからこれらの操作を行うことができる。

### 3.1 通信機構

本システムでは、二つの通信機構を有する。

#### CCP:Collabo Control Protocol

コラボレーション実行時にユーザ間で情報共有や同期を行うためプロトコル。TCP のソケット通信を用いている。CCP の通信は、イベント毎に発生するため離散的である。また、一回の通信量も小さいため、中央集権型 (サーバ/クライアント型) の通信方式を採用する。

#### RTP:Real-time Transfer Protocol[4]

メディアデータ通信のために拡張された UDP ベースのプロトコル。RTP は、ユーザの映像や音声を配信するため連続的な通信が必要な上、情報量も多いため、中央集権型ではサーバへの負担が大きい。よって、P2P 型の通信方式を採用する。

CCP と RTP に対し NAT 越え問題の対応を行う。CCP は、中央集権型の通信であるため、ネットワークに対する通信の制限を故意に行わない限り、ネットワーク制約に掛かることはない。しかしながら、RTP にはネットワーク制約が発生する。よって、RTP の基となる UDP 通信に対し、透過的な通信を確保する必要がある。本研究では、LampEye[5] を導入し、UDP 通信における NAT 越え問題を解決する。LampEye は、ネットワーク環境や状況に応じて、UDP Hole punching 方式、UPnP 方式、中継方式から適切な NAT 越え手法を自動的に選択し、透過的なネットワーク環境を実現するミドルウェアであり、TCP/UDP 共に適応させることができる。本システムでは、LampEye から UDP Hole punching 方式による接続を行うモジュールを取り出し、UDP 通信に適用し、P2P 型の RTP 通信を可能にする。

### 3.2 ネットワークの負荷分散

本システムでは、多対多の RTP 通信時に発生するネットワーク負荷の対策として ALM を導入する。ALM は、オーバーレイネットワークを構成するノード (端末) 間で通信経路を作成し、P2P のリレー方式でソフトウェア的にマルチキャストを行う。この際、通信経路の構成を誤ると、オーバーレイネットワーク全体のパフォーマンスが低下する。よって、通信経路を作成するためのメトリックの選択や、転送経路の作成手法が課題となる。

#### 3.2.1 RTP 通信経路の作成

オーバーレイネットワークは、実ネットワーク上に構築される仮想的なローカルネットワークである。そして、オーバーレイネットワーク上で、通信効率の良いマルチキャストツリーの構築手法に対して、様々な研究 [6][7] が行われている。本研究では、NAT 越え問題、ブリッジによる通信速度の低下、パブリックネットワークの狭い通信帯域など、実ネットワークに存在する問題を考慮し、ALM の転送経路を作成する。そこで、実ネットワークや送信ノードのマシン性能を考慮した三つの通信方式を用意する。

##### ローカル方式

送信ノード  $s$  が、同じプライベートネットワークに存在する受信ノード  $t, u$  に対し、マルチキャストにより RTP 通信を行う方式。この際、送信ノードには、ネットワーク負荷が発生するが、CPU 負荷は発生しない。

##### グローバル方式

送信ノード  $s$  から、異なるプライベートネットワークに存在する受信ノード  $v, w$  に対し RTP 通信を行う方式。グローバル方式では、LampEye モジュールにより NAT 越え可能な DatagramSocket を作り、受信ノードに対しユニキャストにより RTP 通信を行う。この際、送信ノードには、ネットワーク負荷と CPU 負荷が発生する。

##### 中継方式

送信ノード  $s$  が、異なるプライベートネットワークに存在する受信ノード  $v, w$  に対し、RTP 通信を確立した上で、受信ノード  $v, w$  が、同じプライベートネットワークに存在するノード  $x, y, z$  に対し中継ノードとなり、ローカル方式により受信ノード  $x, y, z$  に対し RTP 通信を行う方式。

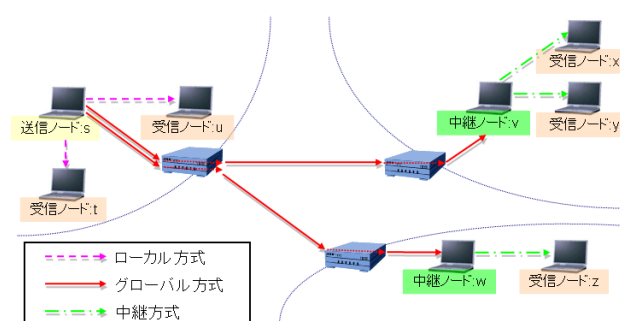


図 2: RTP 通信経路

### 3.3 ユーザビリティ

本システムは、一般的なネットワーク環境下に存在する一般ユーザを対象としているため、システム利用における導入のしやすさや使いやすさなどのユーザビリティを考慮し、Web サービスとして提供する。また、ユーザ・インタフェースに MDI (Multi Document Interface) を用いることで、テレビ電話、テレビ会議、ファイル共有などのコラボレーションツールを一元的に管理することが可能となり、複数のツールの連携を図ることができる。

## 4 実装

Look and X のシステム構成を図 3 に示す。本システムは、管理サーバにより複数のコラボレーションを管理する。また、本システムにおけるコラボレーションツールは全て JDK5.0 により実装され、Web カメラやマイクなどのメディアデータの取得及び RTP 通信は JMF (Java Media Framework) ライブラリを用いて実装されている。管理サーバは、Web サービスを実現するための各種サーバにより構成されている。本章では、Web サービスを実現するための各種サーバの実装について述べる。

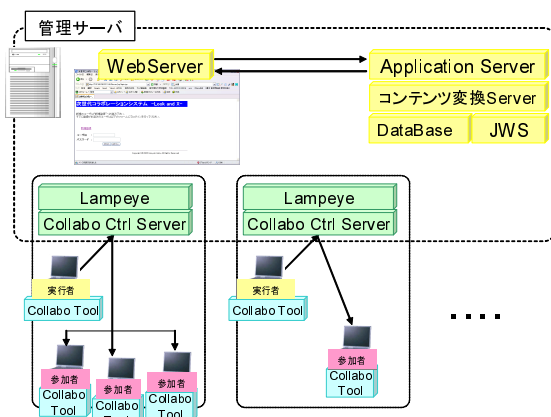


図 3: Look and X システム構成図

#### 4.1 ユーザ管理

ユーザはシステム利用時に Web ブラウザからログインした後、コラボレーションにおけるセッションの作成や参加などの管理を行うことができる。これらの処理には Servlet と JSP を用いており、Tomcat5.0 により動作している。また、ユーザ情報とセッション情報の管理を行うデータベースとして、PostgreSQL8.0 を用いている。

#### 4.2 コンテンツ作成

コンテンツ変換サーバは、テレビ会議を行う際に、プレゼンテーションファイル (ppt) を共有して閲覧できるように jpeg 形式に変換する。この処理は、OpenOffice.org SDK 2.0.3 により実装されている。

#### 4.3 サービスの提供

質の高いコラボレーションツールを簡単に提供できるようにするために、本システムでは、JavaWebStart を導入する。JavaWebStart は、Java アプリケーションをブラウザ上から自動的にダウンロードし起動することができる。本システムでは、Java と JMF によって作成されたコラボレーションツールを JavaWebStart によりユーザに提供する。これにより、ユーザは、インストールやアップデートを行う必要がなく、だれでもどこからでも簡単にコラボレーションを開始することができる。図 4 にコラボレーションツールのスクリーンショットを示す。



図 4: Look and X の概要

## 5 検証実験

本章では、ネットワークの負荷分散を目的として提案した RTP 通信方式のうち、ローカル方式とグローバル方式についてのパフォーマンスを検証した。

#### 5.1 ローカル方式

ローカル方式による RTP 通信について、映像データを受信するノードの増加と共に変化する送信ノードのネットワークパフォーマンスと CPU 使用率について調査した。図 5 がその結果である。受信ノードが増加すると共に、送信データ量は約 300KB ずつ

増加している．また，CPU 使用率もわずかに増加する．ローカル方式では，受信ノードが増加し続けても，送信ノードの通信限界に達するまでは，各受信ノードに安定した映像を配信することができる．

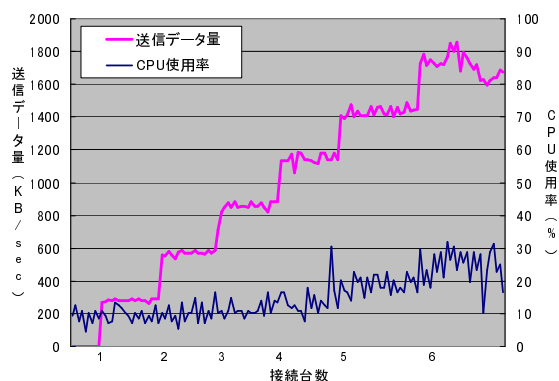


図 5: ローカル方式のパフォーマンス

## 5.2 グローバル方式

NAT 越え可能な RTP 通信において，ローカル方式と同様の実験を行った．図 6 がその結果である．送信ノードが配信する送信データ量は RTP によって決定される．通信に NAT を介すると，そこでネットワークパフォーマンスが低下し，パケット遅延や損失が生じる．よって，グローバル方式では，ローカル方式に比べ，一受信ノードに対する送信データ量が減少する．また，受信ノードが少ない場合には比較的安定した通信を行っているが，受信ノードが増加すると共に，ネットワークが不安定になっている．そして，映像の様子もコマ落ちする回数が増えている．また，CPU 使用率も，ローカル方式と比較すると高くなった．

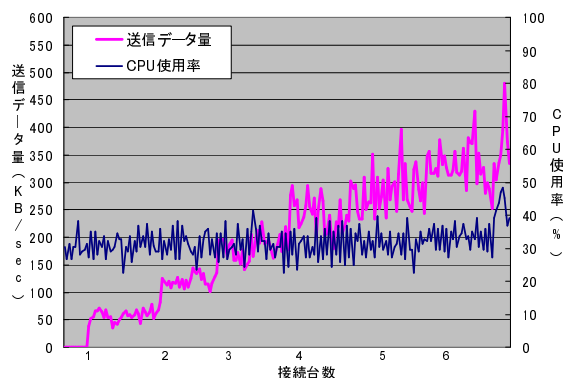


図 6: グローバル方式のパフォーマンス

## 5.3 通信方式の拡張

本実験で用いた二つの通信方式を比較すると，ローカル方式の方が全体のパフォーマンスが優れているが，ネットワーク制約を解消できるのはグローバル方式である．そこで，この二つの通信方式を組み合わせたのが中継方式である．中継方式では，NAT 越えを必要とする場合のみグローバル方式を使用し，その他の通信はローカル方式で行う．よって，送信ノードのネットワーク負荷を軽減し，また参加者によって構成されるネットワーク全体のパフォーマンスも向上することが見込まれる．現在は，ある送信ノードに対して中継方式を選択すると，受信ノードと同じネットワークに存在するノードで，すでに送信ノードの映像を取得しているノードをゲートウェイノードとして登録する．今後，ゲートウェイノードを選択するに当たり，各ノードのスペックやネットワーク状況に基づく選択を行う．

## 6 おわりに

本研究では，一般ユーザを対象としたコラボレーション支援のための統合インタフェースである Look and X を提案した．一般的なネットワーク環境下に発生する NAT 越え問題やネットワーク負荷に対し，本システムでは，LampEye や ALM の導入を行い，それらの問題を解決した．また，ユーザビリティやサービス性を考慮することで，ユーザにとって使い勝手の良いシステムを構築した．本システムにより，様々なネットワーク環境，マシン環境下で，だれもが簡単に快適なコラボレーションを行うことが可能となる．

## 参考文献

- [1] ITU. Recommendation H.323. Packet-based multimedia communications systems, 1999.
- [2] Access Grid. <http://www.accessgrid.org>, 2003.
- [3] Skype. <http://skype.com>
- [4] RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications. RFC.1889
- [5] 大迫勇哲, 山崎航, 西山裕之, 溝口文雄. "透過的なネットワーク環境を実現するグリッドミドルウェア", 日本ソフトウェア科学会第 22 回大会, 2005.
- [6] M.Castro, P.Druschel, A.Kermarrec, A.Nandi, A.Rowstron. "SplitStream: High-Bandwidth Multicast in Cooperative Environments". SOSP, 2003.
- [7] Zhi Li and Prasant mohapatra. "Hostcast: A new overlay multicasting protocol". IEEE International Communications Conference, 2003.