

# ネットワーク環境とユーザ要求を考慮したP2Pビデオ配信システム

横川 芳隆† 橋本 浩二†† 柴田 義孝††

† 岩手県立大学大学院 ソフトウェア情報学研究科 †† 岩手県立大学 ソフトウェア情報学部

## 1 はじめに

近年、ネットワーク環境の高速化、およびビデオコンテンツ配信サービスの普及に伴い、大規模ネットワークにおける効率的なビデオ配信の手法として、P2P ネットワークの研究が多数行われている [1] [2] が、個々のユーザのネットワーク帯域幅や IP マルチキャスト利用の可否といった、現実のネットワーク環境を考慮したものは少なく、全体の帯域資源や計算機資源の使用効率などの点では十分とはいえない。また、各ユーザのネットワークへの接続環境の多様化により、要求される品質もまた多様化している。これらのユーザの要求に対して適切なフォーマットでのビデオ配信を行う方法も必要とされる。

本研究では、大規模ネットワークにおいて、多数のユーザに対し効率的なビデオ配信を可能とするために、ユーザの属するネットワーク環境を考慮し、動的に適切な配信方式を選択してルーティングを行う P2P ネットワークと、ユーザ要求に基づくコンテンツのトランスコーディング機能を組み合わせることで、効率的かつユーザ要求を満たすスケラブルなビデオ配信システムの構築を行う。

## 2 システム概要

図 1 に示すように、本システムでは、ライブストリーミングでのビデオ配信において、ビデオを受信するユーザによる P2P 型のツリーネットワークを構築する。ネットワークを構成する要素について以下に示す。

- Node  
配信ネットワークに参加したユーザが P2P の構成ノードとなる。配信ネットワークの状態は Node の参加/離脱/障害発生によって随時変化する。Node はビデオ

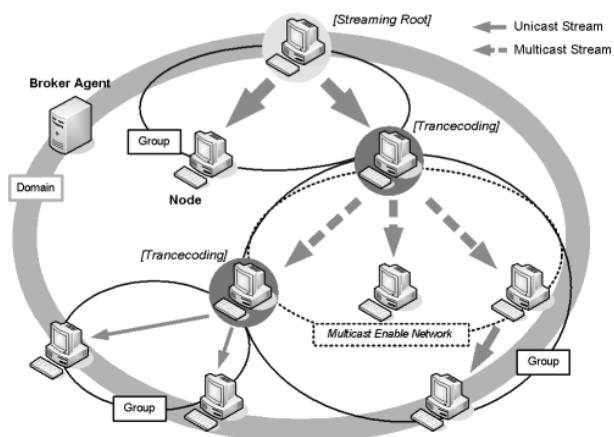


図 1: システム概要

Peer-to-Peer Video Streaming System based on Network Environment and User's Request

† Yoshitaka Yokokawa

†† Koji Hasimoto

†† Yoshitaka Shibata

Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University (†)

Faculty of Software and Information Science, Iwate Prefectural University (††)

ストリームの受信/送信の機能を持ち、新規にネットワークに参加する Node は既存の Node からストリームの中継を受ける。この際、Node 間の実ネットワーク環境を考慮し、Node 間でマルチキャスト通信が可能な環境であればマルチキャストでの配信を、不可能であればユニキャストでの配信を行う。これにより、全てをユニキャストで配信する場合と比較して、全体的なトラヒックの軽減および新規 Node の参加可能性の向上を図ることが可能となる。また、Node はビデオコンテンツのトランスコーディング機能を有し、新規の Node から既存のストリームと異なったビデオフォーマットの要求があった場合、CPU 資源に余裕がある Node が適切なフォーマットにトランスコーディングを行う。これにより、事前に複数のフォーマットのビデオを用意することなく、多様なユーザの要求に即した配信が可能となる。

- Broker Agent  
Broker Agent は配信ネットワーク情報の管理と把握を行う。配信ネットワークにおける Node の参加要求・離脱要求・障害情報は Broker Agent に伝えられ、Broker Agent は影響を受ける Node に再接続などの指示を行う。これにより、Broker Agent はネットワーク状態の把握を行うことができる。
- Domain: Contents Delivery Domain  
システムにおける Node 群の管理範囲であり、各 Domain に Broker Agent が存在する。
- Group: Same-Quality Demanding Group  
配信フォーマットで区分された Node 群であり、同 Group の Node で配信ツリーの部分木を構成する。Group 同士は Node を介して接続され、Group から別 Group への配信時にトランスコーディングが行われる。
- Session: Stream Transport Session  
親子 Node 間のストリーム配信関係を示す。本システムにおける配信セッションの構成を図 2 に示す。Node 間のセッションは単方向の Video Stream Session と双方向の Status Session からなる。Video Stream Session はユニキャストまたはマルチキャストによって送信されるビデオストリームである。Status Session はお互いの Node の状態確認のための通信であり、定期的にユニキャストで行われる。これらはビデオ配信が行われる間維持される。また、Node のネットワーク参加/離脱要求や、Status Session によって確認された Node の障害情報などは、発生時に Node から Broker Agent

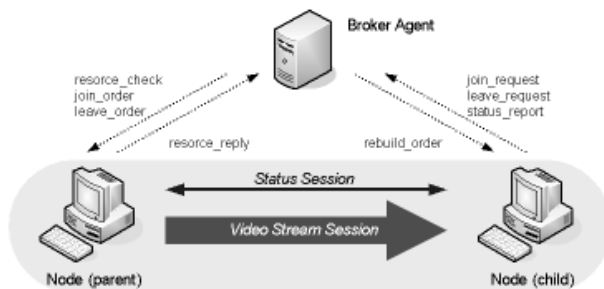


図 2: 配信セッション構成

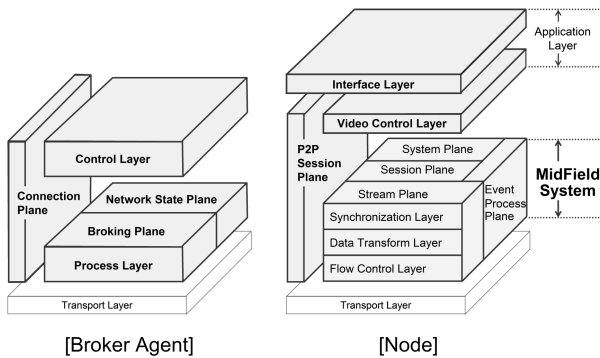


図 3: システムアーキテクチャ

に通知される。

### 3 システムアーキテクチャ

図 3 に示すように、本システムでは、Node のビデオストリーム送受信およびトランスコーディング機能を実現する機構として、MidField System[3] を使用している。MidField System はトランスポート層の上位に位置し、アプリケーションに対し相互通信機能を提供するミドルウェアである。さらに、P2P 通信機能やビデオコントロール機能を独自に設けることで、P2P 方式でのビデオ配信を実現している。

Node のアーキテクチャにおいて、P2P Session Plane では他 Node および Broker Agent との通信を行う。Video Control Layer ではビデオストリームの受信/送信やトランスコーディング機能のコントロールを行う。Interface Layer はユーザインターフェースとして機能する。

Broker Agent のアーキテクチャにおいて、Connection Plane では Node および他 Broker Agent との通信を行う。Process Layer ではネットワークの状態変化に伴う処理を行う。Broking Plane では Node の参加/離脱/障害時の処理を行う。Network State Plane ではネットワーク状態の把握を行う。Control Layer では他 Plane からの情報を受け、メインプログラムとして Broker Agent 全体のコントロールを行う。

### 4 QoS の保証

ビデオ配信サービスにおいては、1) ユーザの品質要求を満足すること、2) 配信の連続性を確保すること、が求められる。以下、本システムでのそれぞれの要件への対応について述べる。

#### 4.1 品質要求への対応

本システムでは、コンテンツのトランスコーディング機能を導入することにより、ユーザの要求に即した品質での配信が可能となる。本システムでは MidField System の使用により、DV, HDV, WMV 等の配信フォーマットが利用できる。また、同品質の要求のユーザをグループとして管理することで、トランスコーディングの回数を必要最低限に抑えることができる。

#### 4.2 配信連続性の確保

本システムのような P2P ネットワークによるビデオ配信においては、上流ノードの参加/離脱/障害に伴うネットワーク変化により、配信パスの断絶が起こりうる。この場合、新たな親ノードを選出し、再接続を行う必要があるが、接続が確立されるまでの時間が問題となる。本システムでは、新たな親 Node との接続が確立されるまでの間、子 Node は Backup-Stream の配信を受ける(図 4)。

Backup-Stream の配信は、一時的な利用を想定し、低品質なビデオストリームを Broker Agent から配信する。これにより、配信の完全な中断を回避することができ、配信サービスの連続性を確保することができる。

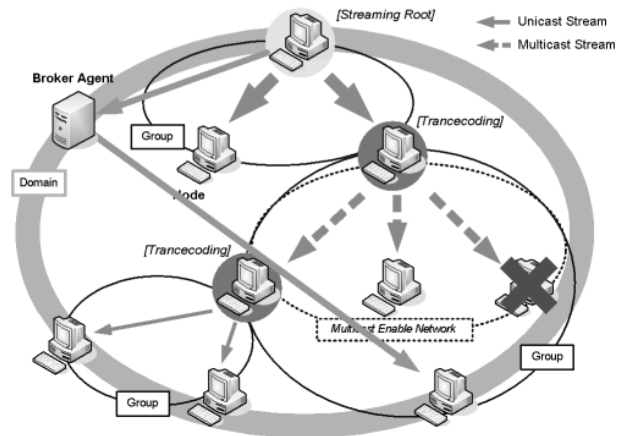


図 4: Backup-Stream の配信

### 5 プロトタイプシステム

図 5 に示すように、本システムの評価としては、大規模環境を想定し、研究開発テストベッドネットワークである JGN2[4] を用いた評価を行う。各地に設置された複数の PC に対し、それぞれ帯域幅やマルチキャストの利用の可・不可の性質を設定した環境を用意し、本研究のシステムの機能評価を行う。評価項目として、従来型の手法との Node の参加可能数・CPU 使用率・使用帯域幅の比較、グループ管理機能の有無によるネットワーク構成の変化、及び Node の参加・離脱に伴うネットワークの安定性について検証する。

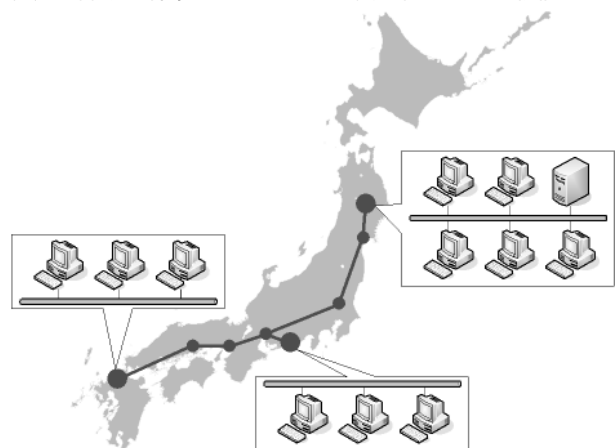


図 5: プロトタイプシステム構成例 (JGN2)

### 6 まとめ

本稿では、ネットワーク環境を考慮したルーティングを行う P2P ネットワークと、ユーザ要求に基づくコンテンツのトランスコーディング機能を組み合わせたビデオ配信システムの構築の方法論について述べた。これにより、効率的かつユーザ要求を満たすビデオ配信が可能になると考えられる。

#### 参考文献

- [1] D. A. Tran, K. A. Hua, T. Do: ZIGZAG: An Efficient Peer-to-Peer Scheme for Media Streaming, INFOCOM 2003.
- [2] Z. Li, P. Mohapatra: Hostcast: A new overlay multicasting protocol, ICC'03.
- [3] 橋本, 柴田: 利用者環境を考慮した相互通信のためのミドルウェア, 情報処理学会論文誌, Vol.46 No.2, pp.403-417, 2005.
- [4] JGN2 HomePage, <http://www.jgn.nict.go.jp/>