

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 ソフトウェア情報学部

1 はじめに

近年、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、既存のアプリケーションレベルマルチキャストの配信では、パケットレベルの配信にはユニキャストを主体としているものが多く、全体の使用帯域の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、ネットワークレベルでユニキャストとマルチキャストの利用が混在するような環境における効率的なビデオ配信の実現のため、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ることで、効率的かつユーザ要求を満たすビデオ配信システムを提案する。

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が Node となり P2P 型のツリーネットワークを構築する。Node はビデオの受信 / 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、全体的なトラフィ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

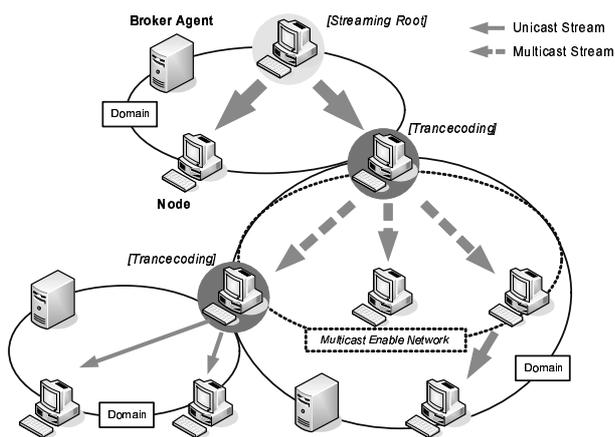


図 1: システム概要

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。

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。このネットワークの任意の範囲をドメインと定義し、各ドメインに Broker Agent を配置する。Broker Agent は自分の属するドメインにおける Node の配信ネットワークへの参加 / 離脱の要求および障害発生の通知を受け、影響を受ける Node に対して接続などの指示を行う。また、これによってドメイン内のネットワーク状態を把握する。

3 システムアーキテクチャ

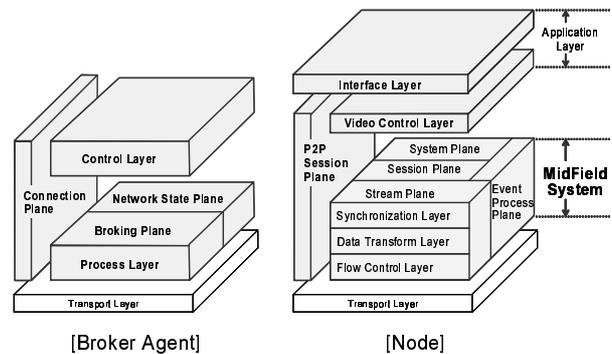


図 2: システムアーキテクチャ

図 2 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 ネットワーク構築手法

4.1 配信セッション構成

本システムにおける配信セッションの構成を図 3 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

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

[†] Yoshitaka Yokokawa

[†] Koji Hasimoto

[†] Yoshitaka Shibata

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

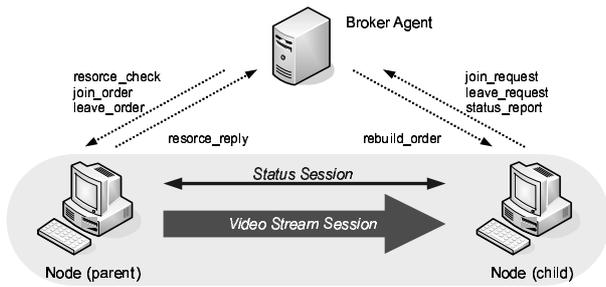


図 3: 配信セッション構成

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。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 に通知される。これらの情報に基づき、Broker Agent はネットワーク状態の変化を把握することができる。

4.2 ルーティングパラメータ

各 Node のリソースの評価指標として、入力帯域幅・出力帯域幅・CPU 使用率を用いる。各 Node はそれぞれの最大値と現在値を保持しており、Node の参加や離脱といったネットワーク状態の変化が起きた場合は、その影響を受ける Node のリソースを各値に基づいて Broker Agent が評価する。なお、ユニキャストの送信 / 受信、マルチキャスト送信 / 受信、およびトランスコーディングに必要な各リソース値は事前に規定され、Broker Agent が保持している。

ビデオストリームはユニキャストかマルチキャストかの配信方式及びフォーマットによって区別される。Node の参加や離脱・障害に伴う再構成の際には Node から要求するフォーマットが通知される。Broker Agent は既存の Node が受信しているビデオストリームのフォーマットと要求されたフォーマットを照会する。

4.3 ルーティング処理

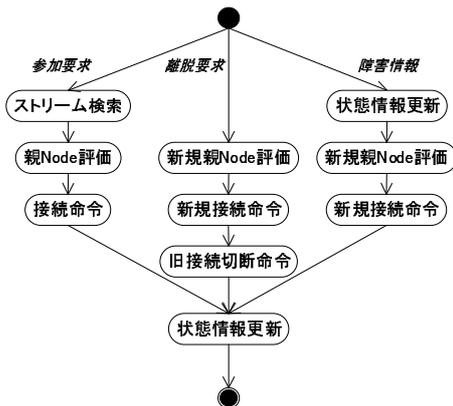


図 4: Broker Agent 状態遷移図

図 4 に示す通り、Broker Agent は Node のネットワーク参加 / 離脱要求や障害情報を受け、それぞれの処理を行う。P2P ネットワークのルーティング処理においては親 Node の選択手法が重要となるが、本システムでは Broker Agent が前述のパラメータを用いて適切な親 Node を決定する。すなわち、

1. 子となる Node が要求しているフォーマットのビデオストリームを自分が受信しており、それを子 Node ま

で中継するのに十分なリソースが確認できる

2. 子となる Node が要求しているものとは別のフォーマットのビデオストリームを自分が受信しており、それを要求された別のフォーマットにトランスコーディングしつつ子 Node まで中継するのに十分なリソースが確認できる

以上のいずれかを満たす Node が適切な親 Node となりうるかと判断する。複数の Node が条件を満たす場合には、マルチキャストによる中継が可能な Node を適切な親 Node と判断する。

また、1 つの親 Node が持つ子 Node の数は制限せず、子 Node は可能な限りツリーの上流側に位置される。これは、一般にツリーの上流に位置する Node ほど、その離脱や障害が影響する子の数が大きくなると考えられるためである。

Node のリソース評価は、新規参加の場合はドメイン内の親になりうる全 Node に対して行われる。離脱及び障害の場合には当該 Node の親や兄弟の Node を新しい親候補とし評価を行い、親候補に適切な Node が無ければドメイン内の親になりうる全 Node に対して評価を行う。

5 プロトタイプシステム

図 5 に示すように、本システムの有効性を確認するためのプロトタイプとして、ネットワーク上の複数の 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・使用帯域幅の差異の計測、ネットワーク構成による映像遅延の計測、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。

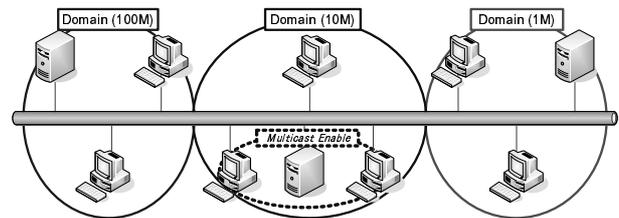


図 5: プロトタイプシステム構成

Node 及び Broker Agent の実装環境として、OS に Windows XP、言語には Java 1.4 を用いた。Node のビデオストリーム送受信及びトランスコーディング機能の実装には MidField System を使用した。

各 Node の動作環境としては、主に Dell PRECISION 380、Pentium4 3.73Ghz、2.00GB RAM のマシンを使用した。親 Node 評価のための各種フォーマットでのビデオストリームの送受信およびトランスコーディングに必要なリソース値は、事前に計測したものをを用いている。

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] Z. Li, P. Mohapatra: HostCast: A New Overlay Multicasting Protocol, ICC '03, vol.1, pp.702-706, 2003.
- [2] R. Rejale, S. Stafford: A Framework for Architecting Peer-to-Peer Receiver-driven Overlays, NOSSDAV '04, pp.42-47, ACM Press, 2005.
- [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.