

利用者の通信環境とユーザ要求を考慮した P2P ビデオ配信システムの提案

河野 康裕[†] 柴田 義孝[†]

近年、コンピュータの処理速度の向上と音声や動画圧縮技術の進歩により安価なパーソナルコンピュータでも複数のリアルタイムメディアを処理することが可能となった。また、xDSL や FTTH などのブロードバンドネットワークの普及に伴い、一般ユーザの使用インターネット回線も高速なものになり、非常に品質の高い映像による通信も実現可能となってきた。これにより、マルチメディアコンテンツ配信に対するユーザ要求の多様化への対応が要求されるようになってきた。しかしながら、現在のところ利用者のサービス要求を保証する機能や個々のユーザの通信環境を考慮したネットワークサービスはほとんど存在しない。本研究では、多数のユーザに対してビデオ配信を可能とするために、ユーザの通信環境を考慮し、動的なルーティングにより適切な配信ネットワークを構築する 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ユーザ要求を満たすビデオ配信システムの提案を行う。

Video Streaming System based on P2P for Communication Environment and User's Request

Yasuhiro Kawano[†] and Yoshitaka Shibata[†]

Recent, even a cheap personal computer can process the plural real-time media by the improvement of the transaction speed of the computer and a sound and the progress of the animation compression technique. In addition, as for the Internet line which the general user uses with the spread of broadband networks such as xDSL or the FTTH, is high-speed; was done, and the communication by a high picture of the quality became very feasible. Correspondence to the diversification of the user demand for the multimedia content delivery came to be demanded by this. However, there is not almost the network service that considered a function and the communication environment of the individual user to guarantee the service request of the user for the present. In consideration of the communication environment of the user, I suggest the video delivery system which satisfies a user demand by putting the transcoding function of contents to

be based on a P2P network and a user demand to build an appropriate delivery network by dynamic routing together to enable video delivery in this study for a lot of users.

1. はじめに

近年、xDSL や FTTH などのブロードバンドネットワークが普及しており、一般ユーザの使用インターネット回線も高速なものとなった。また、コンピュータの処理速度向上と音声や動画圧縮技術の進歩と併せて、一般ユーザでも高品質な映像配信が実現可能となってきた。

高速回線が普及し、リアルタイムメディアによるライブストリーミング配信が実現可能となった一方で、ユーザが利用可能なネットワーク帯域は多様化しており、狭帯域なネットワークを利用してのインターネット接続も一般化している。このように、利用者のネットワーク環境の多様化に伴い、要求されるコンテンツの品質も多様化しているため、適切な品質でのビデオ配信を行う方法が必要である。例えば、広帯域なネットワーク上で行われている HDV ストリームを用いた配信セッションに、狭帯域なネットワークを利用するユーザが参加した場合、帯域幅の不足からストリームを受信できない可能性がある。しかしながら、トランスコーディング機能を利用して、HDV ストリームを MPEG4 ストリームにリアルタイムに変換を行えば、狭帯域なネットワーク上のユーザに対してもストリームの配信が可能となる。

しかしながら、マルチメディアコンテンツ配信における一般的なネットワーク構成は、クライアント・サーバモデルであるため、トランスコーディング機能を有する端末を事前に適切な中間ノードへ用意しておくことは困難であると共に、利用者が利用可能な帯域幅に応じてメディアを選択する機能や、映像品質要求に応じた適切なビデオフォーマットでのビデオ配信システムはほとんど存在しないため、これを考慮した機能を有するシステムが必要である。

本研究では、利用者の通信環境と映像品質要求に応じたライブストリーミング配信を可能とするために、Peer-to-Peer(P2P)ネットワークを用いて、複数のユーザ端末から構成される配信セッションの中からトランスコーディング機能を有するノードを選出し、適切な中間ノードへ配置を行うことにより動的に配信ネットワークを構築する P2P ライブストリーミング配信システムの提案を行う。

[†] 岩手県立大学ソフトウェア情報学研究科
Graduate School of Software and Information Science, Iwate Prefectural University

2. 関連技術

インターネット上で通信品質を制御する技術として DiffServ や MPLS といったルータを拡張する手法が一般的であるが、複数の ISP から成る環境への導入はコストの面などから普及には至っていない。そこで、既存の物理ネットワーク・リンクを利用し、その上位層において目的に応じた仮想的なアプリケーションレベルのネットワークを構成し、下位ネットワークに不足する機能を補う P2P オーバレイネットワークの研究が多数提案されている。P2P オーバレイネットワークのルーティングにより、アプリケーションレベルでネットワークを管理することが可能となり、ネットワークに参加している多数のユーザノードが持つネットワーク資源をリアルタイムに配分し、ネットワーク全体でリソースを最適化することが可能となる。

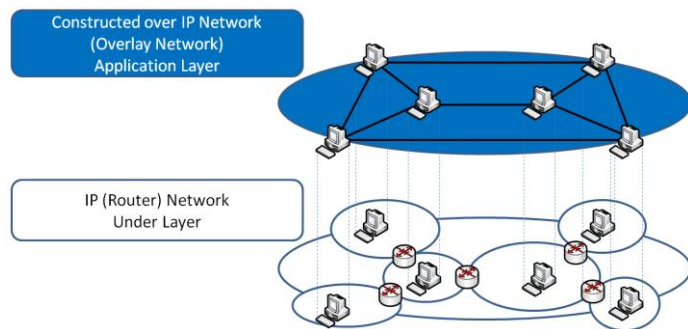


図 1 P2P オーバレイネットワーク

3. システム概要

本研究では、ライブビデオストリーミング配信において、P2P オーバレイネットワーク上に、ビデオの送受信を行うユーザ端末による配信ネットワークを構築する。システムの概要を図 2 に示す。

3.1 ネットワーク構成端末

本システムでは、ネットワークを構成する端末として以下の 2 種類を定義する。

- **Node**
配信ネットワークに参加するユーザ端末であり、P2P の構成ノードとなる。
- **Broker Node**
配信ネットワークの把握・管理を行い、Node に対して各種指示要求を行う。

3.2 ネットワーク構成要素

本システムにおけるネットワーク構成について以下に示す。

- **Domain**
システムにおける Node 群の管理範囲であり、各 Domain に Broker Node が存在して Domain 内の配信ネットワークを管理する。
- **Group**
配信フォーマットで区分された Node 群であり、Group 同士はトランスコーディングノードを介して接続され、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。

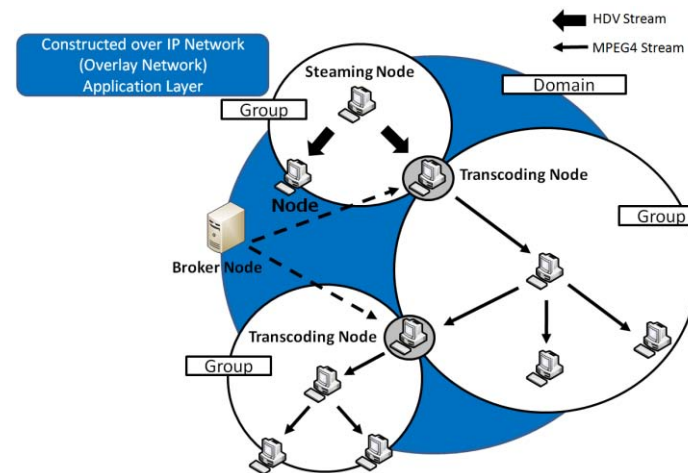


図 2 システム概要

3.3 機能

- **Node**
 - **Broker Node とのメッセージ通信**
配信ネットワークにおけるNodeのビデオストリーム要求, 映像品質, およびNode間のスループット値はすべてBroker Nodeに伝えられる.
 - **Node間のスループット計測**
Node間のデータ転送量を測定するために行われ, Broker Nodeはスループットを評価指標として, 配信ネットワークの構築および配信フォーマットの決定を行う.
 - **ビデオストリーム送受信**
Nodeは配信Nodeからビデオストリームを受信するとともに, 受信NodeおよびTranscoding Nodeに中継する. これによりビデオストリームがP2Pネットワーク全体に配信される.
- **Broker Node**
 - **Nodeとのメッセージ通信**
配信ネットワークにおけるNodeのビデオストリーム要求, 映像品質, およびNode間のスループット値はすべてBroker Nodeに伝えられる.
 - **配信ネットワークの構築・管理**
Nodeからのメッセージに基づき, 自Domain内のNodeおよび配信ネットワーク情報を把握した上で, Nodeの接続構成をBroker Nodeが決定することによりP2Pネットワークを構築する.
 - **配信ビデオフォーマットの選択**
Node間のスループットに基づいて適切な配信フォーマットを決定する.

3.4 配信セッション構成

Node間のストリーム配信構成を図3に示す.

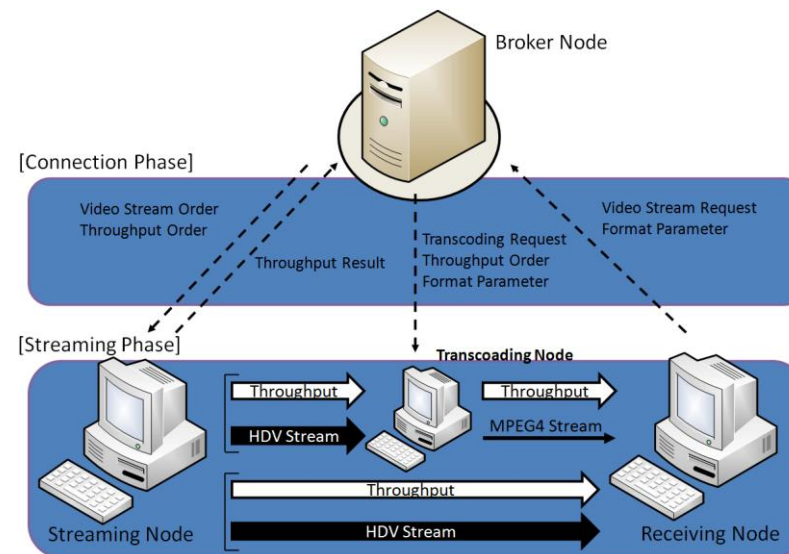


図3 配信セッション構成

- **Connection Phase**
Connection Phaseでは, Broker Nodeが配信ネットワークを把握・構築および接続指示要求をするためのメッセージ通信をNodeと行う.
- **Streaming Phase**
Node間のセッションはThroughputとVideo Streamから構成される. 各セッションは, Broker Nodeからの指示を受けて行われる. Throughputは, ビデオストリーム送信前にお互いの送受信可能なデータ転送量を調査するために, 送信側が受信側に対して大量のトラフィックを送信してスループットの測定を行う. Video StreamはIP unicastによって送信されるビデオストリームである.

4. システムアーキテクチャ

4.1 Node

提案する配信システムのアーキテクチャを図4に示す。

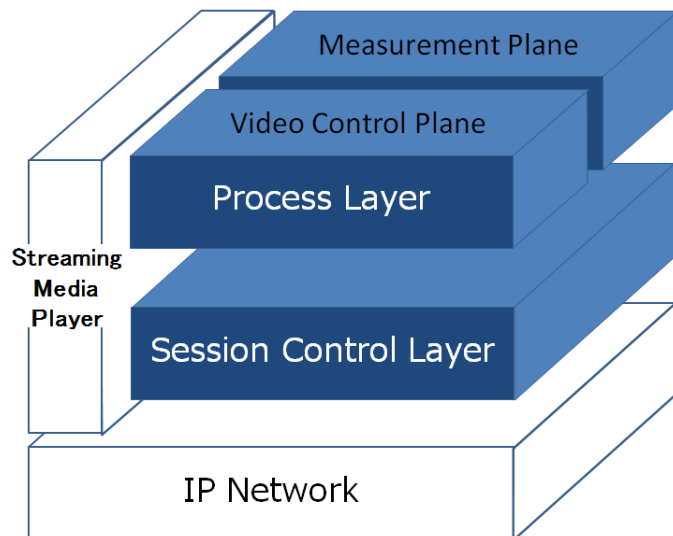


図4 システムアーキテクチャ(Node)

- **Streaming Media Player**
ビデオストリーム送受信および、トランスコーディングを行う。
- **Process Layer**
 - **Measurement Plane**
Node間のスループット計測を行い、計測結果をBroker Nodeへ通知する。
 - **Video Control Plane**
ビデオストリームの送受信、トランスコーディング機能の操作を行う。
- **Session Control Layer**
Broker Nodeとメッセージ通信を行う。

4.2 Broker Node

提案システムにおけるBroker Nodeのアーキテクチャを図5に示す。

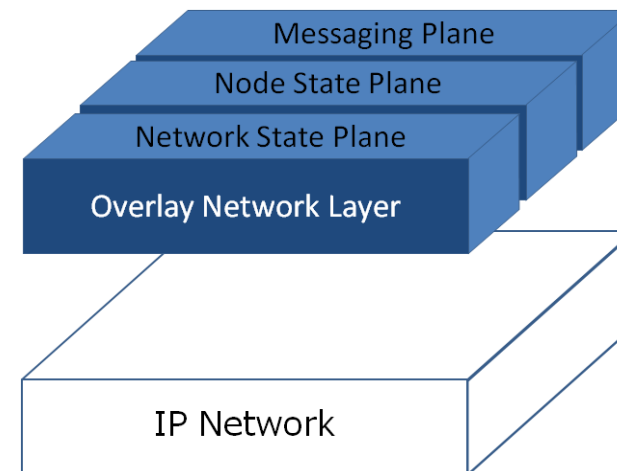


図5 システムアーキテクチャ(Broker Node)

- **Overlay Network Layer**
 - **Messaging Plane**
Nodeとのメッセージ通信を行う。
 - **Node State Plane**
Nodeのネットワーク環境を把握し、配信フォーマットの管理を行う。
 - **Network State Plane**
Node・配信ネットワークの把握を行う。

5. ネットワーク構築手法

ネットワーク上のトラフィックは刻々と変化するため、ビデオストリーム配信が影響を受けないように適切なNode間の接続が必要となる。そこで、本システムでは、ビデオストリーム配信に必要なスループット値を持つNode間を適切な配信パスと判断して配信ネットワークを構築する。

5.1 中継配信

配信ノードと受信ノード間のスループットが十分な場合、受信ノードから要求された配信フォーマットをエンドノード間でビデオストリーム配信を行う。中継配信における配信ネットワーク構築例を図6に示す。

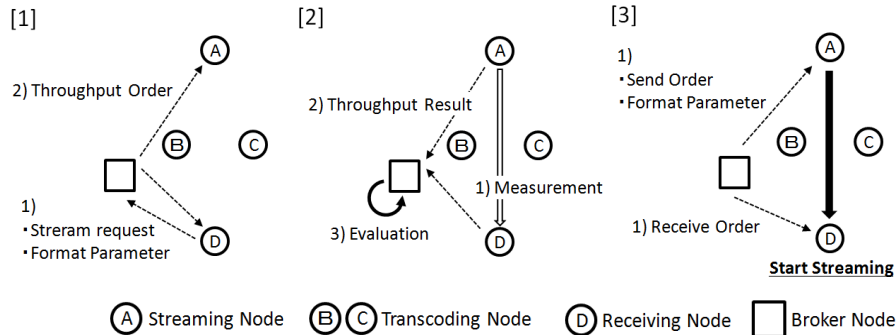


図6 中継配信

1.
 1. NodeDは、ビデオストリーム受信要求と映像品質要求をBroker Nodeに送る
 2. Broker Nodeは、NodeA, Dに対してスループット計測要求を送る
2.
 1. NodeA-D間でスループットの計測を行う
 2. NodeA, Dはスループット計測結果をBroker Nodeに送る
 3. Broker Nodeは、取得したNodeA-D間のスループット値とNodeDから要求された配信フォーマットの必要帯域とを比較して、要求された配信フォーマットでのビデオストリーム配信が可能か評価を行う
3.
 1. 要求された配信フォーマットでのビデオストリーム配信が可能な場合、Broker Nodeは、NodeAとNodeDに対してそれぞれビデオストリーム送信要求とビデオストリーム受信要求を送る。
 2. NodeDから要求された配信フォーマットでビデオストリームが送信される。

5.2 トランスコーディング配信

配信ノードと受信ノード間のスループットが不十分な場合や、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、トランスコーディングノードによりビデオストリームのトランスコーディングを行った上で配信が行われる。トランスコーディング配信における配信ネットワーク構築例を図7に示す。

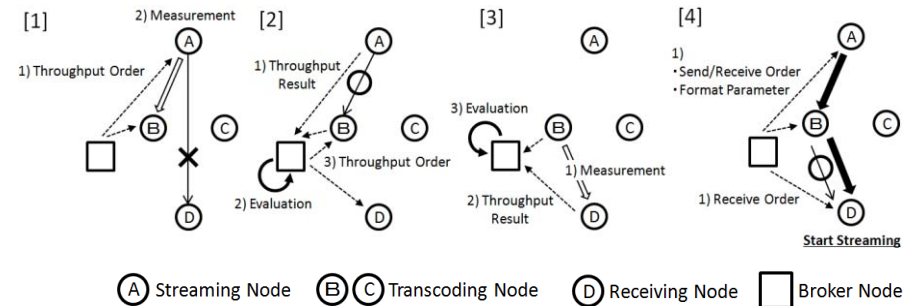


図7 トランスコーディングノードによる配信

1.
 1. NodeA-D間のスループット値が不十分なため、要求された配信フォーマットでのビデオストリームが配信出来ない場合、Broker NodeはNodeAに対してトランスコーディングノードであるNodeBまでのスループット計測要求を送る。
 2. NodeA-B間でスループットの計測を行う。
2.
 1. NodeA, Bはスループット計測結果をBroker Nodeに送る。
 2. Broker Nodeは、取得したNodeA-B間のスループット値と配信フォーマットの必要帯域とを比較して、NodeAがNodeBにビデオストリームを配信可能か評価を行う。
 3. NodeA-B間のスループット値が十分な場合、トランスコーディングノードとしてNodeBが選出される。また、Broker NodeはNodeBに対してNodeD(トランスコーディングノード)までのスループット計測要求を送る。
3.
 1. NodeBはNodeDに対して、ビデオストリーム配信が可能か調べるために、NodeB-D間でスループットの計測を行う。

2. Node B, D はスループット計測結果を Broker Node に送る.
 3. Broker Node は, 取得した Node B-D 間のスループット値を評価して, Node B-D 間で送受信可能な適切な配信フォーマットを選択する.
- 4.
1. Node B-D 間のスループット値が十分な場合, Broker Node は, Node A, B, D に対してビデオストリーム送受信要求を送る. 要求を受け取った後, Node B は Node A からのビデオストリームに対してトランスコーディングを行い, Node D にビデオストリームを送信する.

5.3 トランスコーディングノード間での中継配信

トランスコーディングノードと受信ノード間のスループットが不十分な場合, トランスコーディングノード間でビデオストリームを中継し, 新しく選出されたトランスコーディングノードが受信ノードに対して配信を行う. トランスコーディングノード間での中継配信における配信ネットワーク構築例を図 8 に示す.

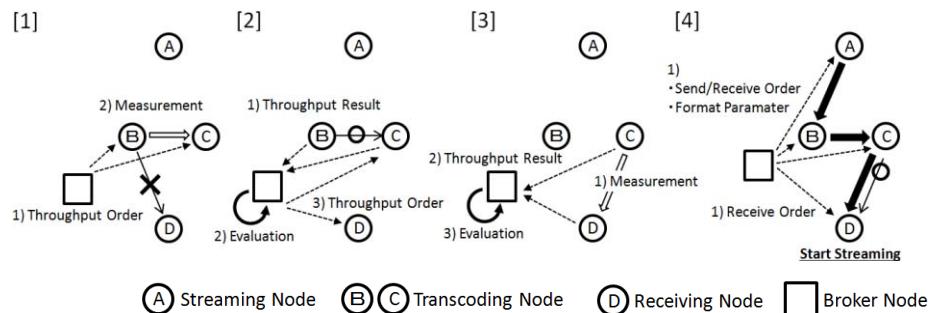


図 8 トランスコーディングノード間での中継配信

1.
 1. Node B-D 間のスループットが不十分な場合, Broker Node は Node B,C に対してスループット計測要求を送る.
 2. Node B-C 間でスループットの計測を行う.
2.
 1. Node B,C はスループット計測結果を Broker Node に送る
 2. Broker Node は, 取得した Node B-C 間のスループット値と配信フォーマット

の必要帯域とを比較して, ビデオストリーム配信が可能か評価を行う.

3. Node B-C 間のスループットが十分な場合, Broker Node は Node C,D に対してスループット計測要求を送る.
- 4.
1. Node C は Node D に対して, ビデオストリーム配信が可能か調べるために, Node C-D 間でスループットの計測を行う.
 2. Node C,D はスループット計測結果を Broker Node に送る.
 3. Broker Node は, Node C-D 間で送受信可能なビデオストリームとスループット値とを比較して, 配信フォーマットの決定を行う.
- 4.
1. Node C-D 間のスループットが十分な場合, Broker Node は, Node A-B-C-D が適切な配信ネットワークと判断し, Node A,B,C,D に対してビデオストリーム送受信要求を送る. 要求を受け取った後, Node B は Node A からのビデオストリームに対してトランスコーディングを行い, Node C に中継し, Node C は Node D にビデオストリームを送信する.

6. まとめ

本稿では, 利用可能な帯域幅が混在する配信セッションに属するユーザに対して, ユーザのネットワーク環境や品質要求に対応するために, 1) Node 間のスループットに基づいてトランスコーディング機能を動的に適切な中間ノードへ配置する機能, 2) 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, 3) Node 間のスループットに応じて配信フォーマットを決定する機能 を持った P2P ビデオ配信システムを提案した. これにより, 多様なユーザ要求に対して, 効率的かつ狭帯域のユーザにも一様にビデオ配信を提供する.

今後の課題として, システム機能の実装を引き続き行っていくとともに, 提案システムの評価手法を検討, 実施していく必要がある.

参考文献

- 1) Yoshitaka YOKOKAWA., Yoshitaka SHIBATA., Koji HASHIMOTO., : PLEX Cast Peer-to-Peer Flexible Broadcast System, Advanced Information Networking and Applications – Workshops, 2008. AINAW 2008. 22nd International Conference on 25-28 March 2008 Page(s): 399-406
- 2) NAOKI NAKAMURA., TAKUO SUGANUMA., TETSUO KINOSHITA., NORIO SHIRATORI., Research Institute of Electrical Communication / Graduate School of Information Science, Tohoku University, Information Synergy Center / Research Institute of Electrical Communication, Tohoku University Design of the Media Delivery Function on Dynamic Networking Information Processing Society of Japan 1996-MPS-76-27
- 3) Takayuki Kushida., Kiyokuni Kawachiya., Nagatsugu Yamanouchi., IBM Research Tokyo Research Laboratory Realtime Multimedia Protocol with Deadline Driven and Prioritized Data on Packet Networks Information Processing Society of Japan 1996-DPS-76-27
- 4) 橋本浩二., 柴田義孝., : 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, 2005 [5] Narayanan, S.R., Braun, D., Buford, J., Fish, R.S., Gelman, A.D., Kaplan, A., Khandelwal, R., Shim, E., Yu, H. : Peer-to-Peer streaming for networked consumer electronics, Panasonic Princeton Lab., Princeton