

Peer-to-Peer モデルを用いた動画配信情報の交換手法の提案

林本雅之¹, 八代一浩², 森澤正之³, 伊藤洋⁴

山梨大学^{1,3,4}, 山梨県立女子短期大学²

概要

動画や音声を扱う広帯域アプリケーションをインターネット上で扱うにはいくつかの問題がある。現在のベストエフォート方式では、連続性、即時性が必要とされる動画などのデータの安定した配送が行えないという問題がある。また、利用者が動画配送を行うために必要な、いつ、どこで、誰がといった動画を配信するために、あるいは受信するために必要な情報を利用者が知るための情報検索手段が確立されていないといった問題がある。

そこで、本論文では、インターネット上で動画を利用したアプリケーションを利用する際に必要な、安定した動画の配送手法及び動画配信に関する情報の検索手法を議論し、新しい動画配信モデルの提案及び実装を行う。提案する動画配信モデルにより、動画配信に関する情報の取得から、安定した動画配信を行うための品質保証を一貫して行うことができる。

The exchange method of information for streaming with Peer-to-Peer Model.

Masayuki HAYASHIMOTO¹, Kazuhiro YATSUSHIRO², Masayuki MORISAWA¹, Hiroshi ITO¹,

Yamanashi Univ.^{1,3,4}, Yamanashi Women's Junior College²

Abstract

There are some problems in using the broadband application of an animation or a sound on the Internet. By the present best-effort, there is a problem that delivery by which data, such as an animation for which a types is needed continuity and instancy, was stabilized cannot be performed. Moreover, there is a problem by which the information retrieval means for user knowing information required in order that a user may perform animation delivery is not established. Then, in this paper, in case the application that used, it argues about the delivery technique of the required stable animation, and the reference technique of the information about animation distribution model are performed.

1 はじめに

現在、各家庭へのアクセス線は、ADSL や FTTH などの普及により広帯域化されてきており、これにより、様々なインターネットの利用形態が出現してきている。これらのインターネットの利用形態には、動画や音声をリアルタイムで扱うものもある。このような、連続性、即時性を求められるデータをイン

ターネット上で安定して配送するためには、遅延時間を小さくしたりジッタ幅を小さくするといったことが必要である。しかしながら、現在のインターネット上におけるパケット通信は、ベストエフォート方式と呼ばれる方式を用いているため、ユーザには確実な通信の保証はなされておらず、品質保証への期待が高まってきている。

また、インターネット人口の増加によりインターネット上で扱われる情報量も増加している。現在、多くの利用者はインターネット上の情報を検索するため検索エンジンを使用している。しかしながら、検索エンジンは自身が保持するデータベース内の検索を行うため、検索エンジンによって得られる情報にはリアルタイム性がなく、リアルタイム性を求める情報の検索には適してはいない。そのため、検索エンジンを利用しない新しい情報検索方法が開発されてきている。

2 本研究の目的

広帯域アプリケーションをインターネット上で扱うにはいくつかの問題がある。現在のベストエフォート方式では、連続性、即時性が必要とされる動画等のデータの安定した配送が行えないという問題がある。また、利用者が動画配信を行うために必要な、いつ、どこで、誰がといった動画を配信するために、あるいは受信するために必要な情報を利用者が知るための情報検索手段が確立されていないといった問題がある。

そこで、本論文では、インターネット上で動画を利用したアプリケーションを利用する際に必要な、安定した動画の配送手法及び動画配信に関する情報の検索手法を議論し、新しい動画配信モデルの提案及び実装を行う。提案する動画配信モデルにより、動画配信に関する情報の取得から、安定した動画配信を行うための品質保証を一貫して行うことができる。

3 動画配信モデルの提案

本節では、動画を用いたアプリケーションを効率的に使用するための動画配信モデルを提案する。提案する動画配信モデルは、動画配信用のネットワークを形成し、動画配信情報の交換を行う情報交換フェーズとアプリケーションの利用形態に応じたポリシーを適用するポリシー適用フェーズ、さらにポリシー適用フェーズで適用されたポリシーに従ってネットワーク上の各ルータに設定を行い品質保証を行う品質保証フェーズの3つのフェーズより構成される。以下でそれぞれのフェーズについて説明する。

3.1 提案モデルにおける3つのフェーズ

提案するモデルにおける3つのフェーズは互いに作用し、安定した動画配信を提供するものである。図

1に3つのフェーズの関連を表し、提案するモデルの概念を示す。

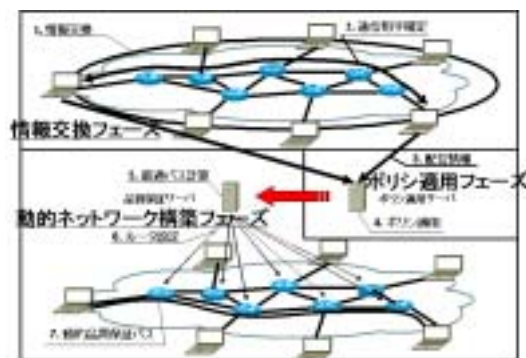


図 1: 3つのフェーズの関連図

3.1.1 情報交換フェーズ

情報交換フェーズでは、動画配信用のネットワークを形成し、動画配信情報の交換を行う。利用者が動画を用いたアプリケーションを利用するためには、動画配信に関する情報が必要となる。利用者がインターネット上で配信している動画を受信する場合、その動画がいつ、どこで、誰が、どういった内容のものを、どのように配信されるのかという情報が必要となる。このような情報を本研究では動画配信情報と呼ぶこととする。利用者は動画配信情報を相互に交換して動画を送受信することができる。

3.1.2 ポリシ適用フェーズ

ポリシー適用フェーズでは、使用するアプリケーションの利用形態にあったネットワークの packets 転送ポリシーを選択、適用する。動画が扱われるアプリケーションを双方向通信、片方向通信、放送通信の3つの配信形態に分類、差別化を行なう。

3.1.3 動的ネットワーク構築フェーズ

適用されたポリシーに従って動的にネットワーク上の各ルータに設定を行い、アプリケーションを利用するホスト間のネットワークの構築を行う。それぞれのアプリケーションの通信形態にあったポリシーをネットワークに反映させることで、利用者にとって最適な通信を提供する。

4 実装

4.1 情報交換プロトコルの実装

情報交換プロトコルは、各ホストで機能し情報の交換を行うプロトコルであり、Gnutella[2] をベースとして実装している。

4.1.1 メッセージ

情報交換プロトコルで扱うメッセージを表1に示す。

表 1: 情報交換プロトコルメッセージ

| メッセージ | 意味 |
|------------|--------------------------|
| Connect | 動画配信ネットワークに参加を要求するメッセージ |
| Disconnect | 動画配信ネットワークからの離脱を伝えるメッセージ |
| Ping | 自分のネイバーの存在を確認するためのメッセージ |
| Pong | Ping メッセージに対する応答メッセージ |
| Query | 検索を要求するメッセージ |
| Reply | Query メッセージに対する応答メッセージ |
| Makescript | アプリケーションの開始を促すメッセージ |
| Setpath | パスサーバに設定を要求するメッセージ |

4.1.2 モジュール

情報交換プロトコルは以下のモジュールで構成される。

- send-ping
1 分毎に Ping メッセージを送信する。
- on-ping
Ping メッセージが送られてきたらその送信元に対して Pong メッセージを送信する。
- on-connect
Connect 要求が送られてきたら自身が保持している P2P ネイバーストにそのホストを追加し、Ping メッセージを送信する。
- on-disconnect
Disconnect が送られてきたら自身が保持している P2P ネイバーストからそのホストを削除する。

- send-query
任意の P2P サーバントに Query メッセージを送信する。
- on-query
Query メッセージが送られてきたら、自身が送られてきたキーワードに対応する動画配信情報を保持しているか調べ、もし保持していたら Reply メッセージをその送信元に対して送信する。さらに他のネイバーに Query メッセージを転送する。
- on-reply
Reply メッセージを受け取ったらその情報をもとにパスサーバのポリシ適用フェーズに Setpath メッセージを送り、パスが設定されたらアプリケーションを実行する。
- send-makescript
Reply メッセージの送信元に Makescript メッセージを送信する。
- on-makescript
Makescript メッセージを受け取ったらアプリケーションを実行する。
- load-shared-list
1 分毎に共有情報が書かれているファイルをチェックし、前回チェックしたときと内容が変更されていれば、共有情報が収められている配列を更新する。

4.2 ポリシ適用フェーズの実装

ポリシ適用フェーズはポリシサーバ上で機能する。利用者は情報交換フェーズにおいて取得した情報をポリシサーバに伝える。ポリシサーバは送られてきた情報に基づいてネットワークのポリシを決定する。

情報交換フェーズから送られてくる Setpath メッセージを参照し、Setpath メッセージ内の情報から設定を行うルータの特定、使用されるアプリケーションに適した品質保証のポリシを選択、選択したポリシを反映させるためのルータのコンフィグファイルの作成を行い、品質保証フェーズ設定を行うルータの IP アドレス、作成したコンフィグファイルを渡す。以下で、ポリシ適用フェーズを構成するモジュールの説明をする。

4.2.1 モジュール

ポリシー適用フェーズは on-Setpath , policy , s-router , m-config の4つのモジュールで構成される。図2にポリシー適用フェーズにおけるモジュール関連図を示す。

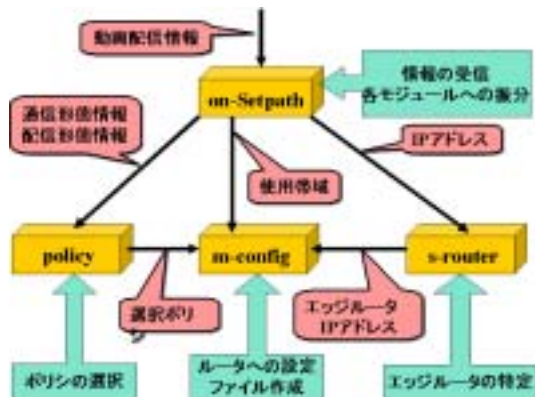


図 2: ポリシー適用フェーズにおけるモジュール関連図

4.3 動的ネットワーク構築フェーズの実装

動的ネットワーク構築フェーズは、パスサーバ上で機能する。ポリシー適用フェーズから受け取ったポリシーを、ネットワークに反映させるため各ルータに設定を行う。深澤らの研究 [1] では、ポリシーに合った設定をネットワークに適用する際、MPLS 技術を利用している。そこで、本研究においても MPLS 技術を用いて実装を行った。これにより動的に最適なパスを構築できる。

4.3.1 モジュール

品質保証フェーズは s-config , send-makepath の2つのモジュールから構成される。図3にポリシー適用

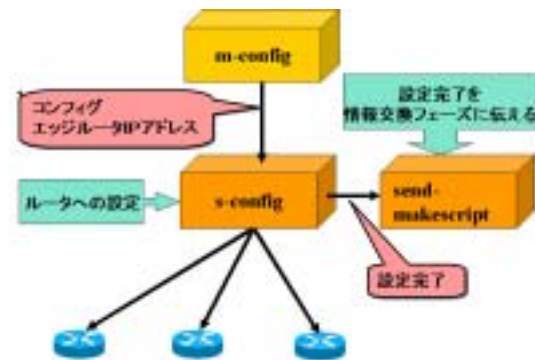


図 3: 動的ネットワーク構築フェーズにおけるモジュール関連図

5 評価実験

本節では構築したシステムの有効性を示すための評価実験を行う。評価項目は検索時間、品質保証である。情報検索フェーズの評価を行うために検索時間の計測をし、評価をした。さらに、ポリシー適用フェーズと動的ネットワーク構築フェーズの評価を行うために、品質保証の評価を行った。

5.1 実験環境

本システムの評価実験を行うため、実際に稼働しているネットワーク上に実験ネットワークを構築し

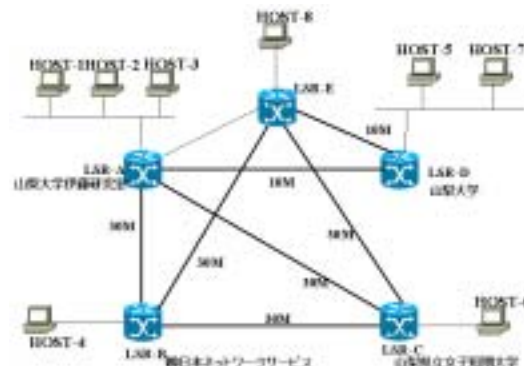


図 4: 実験用ネットワーク

5.2 検索時間の評価

本実験における検索時間とは、情報交換フェーズにおいて、検索開始から検索結果を得るまでの時間を意味する。各ホストで Query メッセージを送信した時間、Reply メッセージを受け取った時間のログを取り、そのログから平均でどのくらいの検索時間がかかっているのかを調べ、妥当な検索時間であるのかを評価した。

図5は図4の実験環境の HOST-3 ,HOST-4 ,HOST-5 において 20 日間本システムを運用した結果から得られた、本システムのホップ数と検索時間と、比較対象とした Gnutella のホップ数と検索時間の関係を表している。

比較対象とした Gnutella の検索時間は Query メッセージを送信してから Reply メッセージを受信するまでの時間とし、独自に構築した Gnutella の環境を使用して、検索時間の計測を行った。ただし、ホップ数とは検索を実行したホストから検索された情報を保持しているホストまでに経由したホストの数を

意味する．図 5 における縦軸は検索時間 [msec]，横軸はホップ数である．本システムと Gnutella の検索

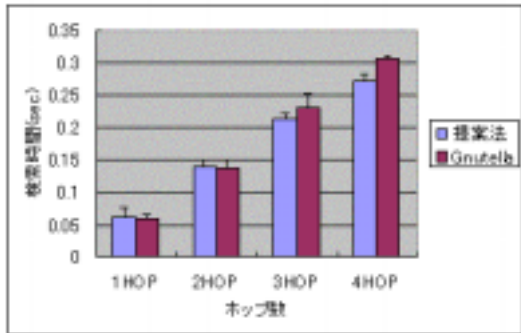


図 5: ホップ数と検索時間の関係

時間の誤差は 1 ホップで 5.2%，2 ホップで 2.1% であった．また 3 ホップと 4 ホップにおいては，本システムの検索時間の方が Gnutella のそれよりそれぞれ 8.0%，12.9% 短くなった．以上の結果から，本システムの検索時間は十分に実用的であると言える．

5.3 品質保証の評価

品質保証の評価は，利用形態に応じた品質保証が行われているのかを，実際に実験ネットワークにおいて運用をし，本システムを使用した場合と層でない場合を比較して評価を行う．

5.3.1 評価実験 1：複数の放送通信

1 つのコンテンツに対して複数の受信ホストが存在する放送通信を実験用ネットワーク上で実行し，適切な品質保証が行われているのかを評価する．実行したシナリオを以下に示す．

- HOST-5 が持つ放送コンテンツ B を HOST-1 が情報検索を行い，HOST-5 から HOST-1 に向けて放送通信を行う．
- HOST-5 が持つ放送コンテンツ B を HOST-2 が情報検索を行い，HOST-5 から HOST-2 に向けて放送通信を行う．

この評価実験では，ネットワーク上で複数の放送通信が行われた場合，本システムの品質保証機能を使用した場合と使用しない場合でのホスト間のスループットを比較し，評価する．表 2 に本システムの品質保証機能を使用した場合と使用しない場合の各ホスト間のスループットを示す．

表 2 から分かるように，本システムの品質保証機能を使用しない場合はそれぞれの通信に優先度の差

表 2: 評価実験 1 におけるスループットの違い

| | | 非機能時 | 機能時 |
|--------|--------|------------|------------|
| HOST-5 | HOST-1 | 4020[Kbps] | 5710[Kbps] |
| HOST-5 | HOST-2 | 4200[Kbps] | 1490[Kbps] |

別化がされないため，双方のスループットの値は同等なものとなったが，本システムを使用することで，それぞれの通信に優先度の差別化がなされ，先に通信を開始した HOST-5 と HOST-1 の通信の方が，後から通信を開始した HOST-5 と HOST-2 の通信より，スループットの値が大きくなった．この評価実験により，本システムが複数の放送通信に対して，通信の差別化が行われることが実証された．

5.3.2 評価実験 2：複数の通信形態

双方向通信，片方向通信，放送通信の 3 つの通信形態を実験ネットワーク上に混在させ，それぞれの通信形態の差別化され，適切な品質保証が行われているのかを評価する．この評価実験では，ネットワーク上で複数の通信形態が利用された場合，本システムを使用した場合と使用しない場合とで，それぞれの通信にどのような違いがあるのかを，トラフィック量，RTT を用いて評価する．実行したシナリオを以下に示す．

- HOST-5 が持つ片方向コンテンツ A を HOST-3 が情報検索を行い，HOST-5 から HOST-3 に向けて片方向通信を行う．
- HOST-7 が持つ双方向コンテンツを HOST-1 が情報検索を行い，HOST-7 から HOST-1 に向けて双方向通信を行う．
- HOST-4 が持つ放送コンテンツを HOST-2 が情報検索を行い，HOST-4 から HOST-2 に向けて放送通信を行う．

まず，図 6，図 7 に本システムを使用しない場合と使用した場合のネットワーク上のトラフィックを示す．本システムの品質保証機能を使用しない場合，全ての通信は最小のホップ数となる経路を選択するため，LSR-A と LSR-D の間にトラフィックが集中しているのが図 6 より分かる．しかし，本システムの品質保証機能を使用した場合のネットワーク上のトラフィックを示している図 7 より，トラフィックが 1 つの経路に偏らず，分散しているのがわかる．この変化により，HOST-7 と HOST-1 の間の RTT が図??のように変化した．RTT の計測には ICMP(Internet Control Message Protocol) echo/reply を利用した ping をパ

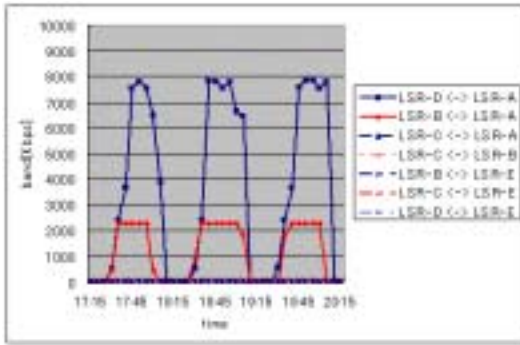


図 6: 評価実験 2 における品質保証非機能時のトラフィック

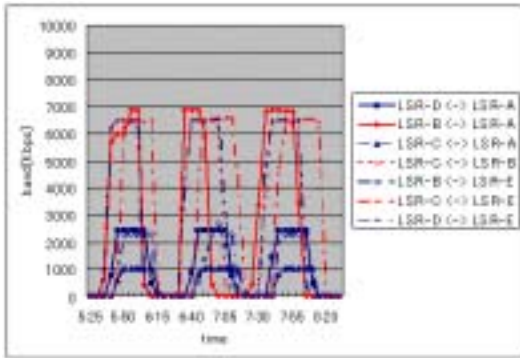


図 7: 評価実験 2 における品質保証機能時のトラフィック

ケットサイズ 64 バイト，送出間隔 1 秒で使用し，通信を行っている 30 分間の RTT の平均値を求め，評価した。

この評価実験において最も多くの帯域を使用しているのは HOST-5 と HOST-3 との間の片方向通信である。本システムの品質保証機能を使用しない場合，図 6 の LSR-D と LSR-A のトラフィックの値が 8000[Kbps] に近い値であることから，HOST-5 と HOST-3 の通信は LSR-D LSR-A という経路が選択されていることが分かる。しかし，本システムの品質保証機能を使用することで，図 7 の LSR-D と LSR-E，LSR-E と LSR-C，LSR-C と LSR-B，LSR-B と LSR-A のトラフィックの値が約 6000[Kbps] の値を示していることから，LSR-D LSR-E LSR-C LSR-B LSR-A というホップ数が多くなっても帯域が確保できる経路が選ばれているのが分かる。HOST-5 と HOST-3 の通信で LSR-D LSR-E LSR-C

LSR-B LSR-A という経路が選択されたため，HOST-7 と HOST-1 の間の RTT の値が 47.93[msec] から 1.422[msec] に改善された。

この評価実験により，ネットワーク上で複数の通信形態のコンテンツを利用した場合，それぞれの通信形態の差別化を行い，それぞれに合った品質保証を本システムを使用することで行えることが示された。

6 結論

本論文では，利用者が動画配信情報を取得するための手助けをし，さらに安定した動画配信を行なうための品質保証を，それぞれの配信形態で差別化することで，状況に応じた品質保証を実現した。これらは，情報交換フェーズ，ポリシー適用フェーズ，動的ネットワーク構築フェーズの 3 つのフェーズを提案し，実装することで実現した。

その結果，情報交換フェーズにおける検索機能については 4 ホップ離れたホストの保持する情報の検索にも 0.3[msec] 以内という結果が得られ，P2P モデルの代表格である Gnutella の検索時間よりも 4 ホップで 12.9%短くすることができた。

さらに，ポリシー適用フェーズと動的ネットワーク構築フェーズにおける品質保証機能についても評価実験を行い，双方向通信では RTT を小さくし，レスポンスタイムを早くすることができ，片方向通信においては帯域を十分に確保できる経路に迂回をさせることができた，また，放送通信においては，先に通信を開始したホストに通信の優先度をつけることで，後から受信したホストに影響を受けることなく通信が行え，本システムの品質保証機能の有効性を示すことができた。

以上より，本論文では，動画配信情報の検索機能と品質保証機能を備えた動画配信モデルを提案し，その有効性を示した。

参考文献

- [1] 深澤昌志，“MPLS ネットワークにおけるアプリケーションレベル QoS 管理サーバの構築”，山梨大学大学院工学研究科電子情報工学専攻修士論文. 2003.
- [2] T.Klingberg ， R.Manfredi，“Gnutella 0.6 Draft 2002,”