

ダイジェスト視聴可能な P2P ライブストリーミングの提案

鈴木 駿介[†] 末田 欣子^{††} 多田 好克[†]

[†] 電気通信大学 情報システム学研究科 〒182-0021 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1

^{††} 日本電信電話株式会社 NTT ネットワーク基盤技術研究所 〒180-8585 東京都武蔵野市緑町 3-9-11

E-mail: [†]shunsuke@spa.is.uec.ac.jp

あらまし P2P におけるライブストリーミングは配信者への負荷の集中を解決でき、近年その需要は高まっている。しかし、既存の手法では途中参加したユーザはそれまでの配信内容を把握することができないといった問題がある。そこで、本研究では P2P ライブストリーミングにおいて途中参加したユーザが視聴可能な P2P ライブストリーミングシステムを提案する。シミュレーションの結果ノード数が大きくなってもスループットの低下は見られず、ネットワーク全体の QoE は高く維持されることがわかった。

キーワード P2P, ダイジェスト, トポロジ

Proposal and Evaluation of P2P live streaming system for digest viewing

Guide to the Technical Report and Template

Shunsuke SUZUKI[†], Yoshiko SUEDA^{††}, and Yoshikatsu TADA[†]

[†] Graduate School of Information Systems, The University of Electro-Communications Chofugaoka,
1-5-1, Chofu-shi, Tokyo, 182-0021 Japan

^{††} NTT Network Technology Laboratories, Nippon Telegraph and Telephone Corporation 9-11, Midori
Cho 3 Chome Musashino Shi, Tokyo 180-8585 Japan

E-mail: [†]shunsuke@spa.is.uec.ac.jp

Abstract Live streaming in P2P can solve the concentration of load on the distributor, and its demand has increased in recent years. But, Users joined in the midway unable to understand the content of the distribution in the existing method. Therefore, in this study, I propose a live streaming system that users joined in the midway can watch digests. The result of the simulation, I could observed that the throughput did not degrade, and was found that QoE of the whole network was be maintained at a high.

Key words P2P, digest, topology

1. 背景

ネットワーク技術の発達に伴い、ネットワークを用いた動画配信サービスが急速に普及している。特にニコニコ生放送 [1] や USTREAM [2] といったリアルタイム動画配信サービスが人気である。動画配信の形態としてはサーバクライアント方式が一般的であるが、配信サーバのコスト削減や配信者の負荷を軽減するため P2P を利用したライブストリーミング配信が期待されている。

P2P ライブストリーミングは主にアプリケーションレベルマルチキャスト (ALM: Application Level Multicast) によって行われる。ALM はアプリケーションによって実現されるため開発が容易で多くの研究がなされている。

ALM は主にツリー型とメッシュ型に分類される。ツリー型は遅延が少なく構築が容易であるというメリットがあるが、耐故障性やノードの離脱に弱いといったデメリットがある。メッシュ型は耐故障性やノードの離脱に強いというメリットがあるが、複数の経路を用いるため遅延が大きくなるというデメリットがある。一方でこれらツリー型やメッシュ型の欠点を補うために複数クラスタ型が多く提案されている。複数クラスタ型は複数のクラスタを構築し各サブストリームをそれぞれのクラスタで配信するといった方法である。複数クラスタ型ではツリー構造のように中継ノードにストリームを渡すため、配信の負荷が軽減される。またクラスタ内部では各ノードが複数の経路を持つため耐故障性に優れる。

また、動画配信サービスにおいてダイジェストを見ることは、

動画全体の雰囲気を知るために有用である。リアルタイム動画配信であるライブストリーミングにおいても、途中から配信に参加した場合にそれまでの配信の内容を把握出来るという点においてダイジェストを見ることは有用であると考えられる。しかし、P2Pのライブストリーミングにおいては、ダイジェストを保存しておくサーバを用意することが出来ないなどの理由のため、既存のダイジェスト生成方式が使えない。

そこで本研究では、配信に途中参加したユーザがダイジェスト視聴可能なP2Pライブストリーミングシステムを提案する。本研究で扱うダイジェストは一定期間のものがいくつか存在する場合を想定する。また、ダイジェストを作成する専用のサーバは設置せず、ネットワーク内に存在するピアが作成し、それをネットワーク内に広める。システムはダイジェストがP2Pネットワーク内で枯渇しないような設計にする必要がある。

2. 関連研究

2.1 Hierarchically Clustered P2P Video Streaming: Design, implementation, and evaluation [3]

Yang Guoらは階層的クラスタHCPSを提案している。HCPSはクラスタ間で帯域のバランスを取ることににより、より品質の高い映像を流すことを可能にしている。クラスタ内部は完全なメッシュとなっており、各クラスタのアップロード容量が均一になるように構成されている。ヘッドノードのアップロード容量は大きくなっている。クラスタはキューベースのスケジューリングアルゴリズムによって構成される。

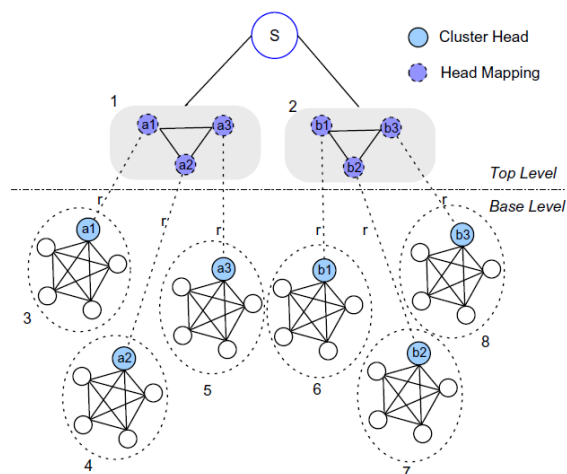
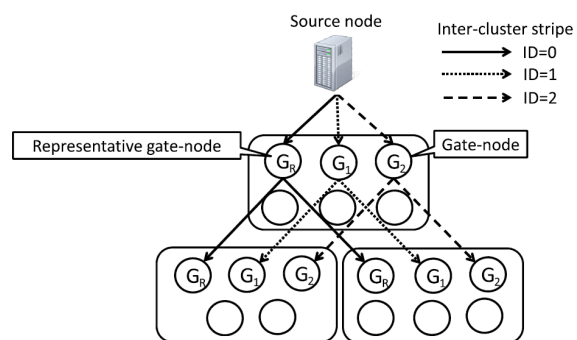


図1 階層型クラスタのP2Pライブストリーミング

2.2 多様な配信木により離脱耐性と遅延抑制を向上させる重畳クラスタ木型動画配信システム [4]

元橋らは重畳クラスタ木方式の動画配信システムを提案している。階層的なクラスタ構造になっており、ゲートノードがクラスタ間と連携している。ゲートノード選出方式として、滞在時間の長さとしてRTTを考慮した方法を提案している。離脱耐性向上型、配信遅延抑制型、ハイブリッド型の実験をしたところ、ハイブリッド型が最も性能がよかった。



コメント数の多いピアに保有させる。これはコメント数の多いピアは離脱耐性が低いと考えたれ、ダイジェストの枯渇を防ぐ狙いがある。ゲートノードは高帯域でコメント数の多いピアを選出する。

3.2 提案システム概要

トポロジの全体イメージ図を図4に示す。

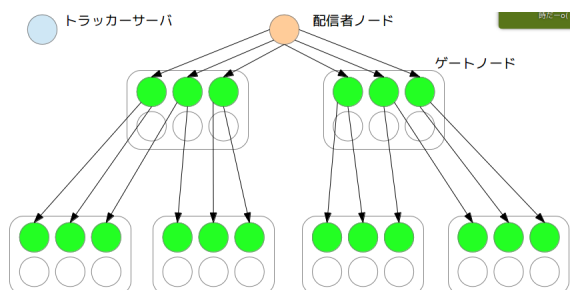


図4 トポロジ全体イメージ図

クラスタの内部構造を図5に示す。

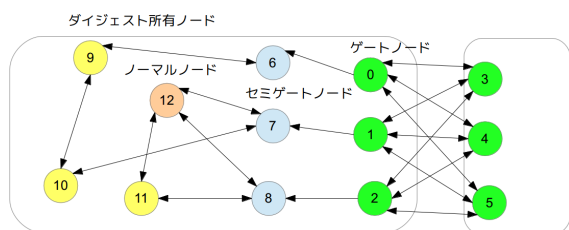


図5 クラスタ構造

それぞれのノードの役割については次のように考えている。ゲートノードは他のゲートノードや配信者となつなぎ、クラスタ間のストリームの流れを制御する役割を担う。高帯域でコメント数の多いピアが選ばれる。セミゲートノードはゲートノードから受け取ったデータをクラスタ内に広める役割を担う。さらにゲートノードが離脱した場合には即座にこのピアが代わりになることを考えている。高帯域ピアが選ばれる。ダイジェスト保有ノードはダイジェストを保有し、新規参加ノードに渡す役割を担っている。コメント数が多く、離脱可能性が低いピアが選ばれる。

3.3 ピアの役割決定方法

ピアの役割はダイジェストノード、ゲートノード、セミゲートノード、ノーマルノードの順番で決定する。まずダイジェストノードはコメント数の多い全ノードの上位20%を選択する。その後ゲートノードは、全ノードからダイジェストノードを除いたうち帯域幅上位10%を選択する。そしてセミゲートノードは、全ノードからダイジェストノードとゲートノードを除いたうち帯域幅上位10%~20%を選択する。最後にノーマルノードは、全ノードからダイジェストノードとゲートノードとセミゲートノードを除いたノードを選択する。

3.4 ノード間接続方法

クラスタ外部での接続方法を示す。配信者ノードは全てのゲートノードと接続する。1つのゲートノードは他のクラスタ

のゲートノード1つずつと接続する。

次にクラスタ内部での接続方法を示す。1つのゲートノードは他の全てのゲートノードと接続する。また対応するセミゲートノード1つずつと接続する。1つのセミゲートノードはダイジェストノードの3分の1と接続する。またノーマルノード2つずつと接続する。1つのダイジェストノードはダイジェスト未取得ノーマルノード全てと接続する。ノーマルノードはノーマルノードの4分の1と接続する。

3.5 新規参加ピア

新規参加ピアの行動について述べる。新規参加ピアはネットワーク接続時に配信者ノードにつなぎ、その後、トラッカーサーバが新規参加ピアの帯域や各クラスタへの論理ホップ数を計算し、最も論理ホップ数の小さいクラスタに配置される（もしくはRTTの小さいクラスタに配置される）。クラスタに配置された後、ダイジェスト保有ピアからダイジェストを受け取り、ダイジェストの映像を見ることが出来る。

3.6 再構築のタイミング

再構築のタイミングは3つある。1つ目は新規参加ピアがダイジェストを取得し終わった時である。ダイジェスト保有ノードと接続を切断したあと、帯域に応じて接続数を決定する。帯域が十分に高い場合にはセミゲートノードになる。2つ目はコメント数が一定数を越えた時である。この場合、対象のノードはダイジェスト保有ノードになる。3つ目はノードが離脱した時である。離脱ノードに接続していたピアは帯域に応じた接続数を維持するように他のピアと接続する。特にゲートノードが離脱した場合はセミゲートノードが即座にゲートノードになる。また、特にセミゲートノードが離脱した場合はクラスタの中で帯域が高いピアがセミゲートノードになる。

3.7 ダイジェスト作成手順

ダイジェストを作成する際の手順を述べる。各ピアのコメント数を扱うのだが、コメント数はトラッカーサーバが管理していることとする。そのトラッカーサーバが増減グラフを作成し、ダイジェスト保有ノードがダイジェスト生成方式によって作成する。これは各クラスタ内で作成することを考えている。

4. シミュレーション

4.1 前提条件

シミュレーションを行うにあたっての前提条件について示す。全ノードには固有の帯域幅を割り当てる。表2にそれを示す。

帯域幅 (kbps)	256	320	384	448	512	640	768	1024	1500	3000
割合 (%)	10.0	14.3	8.6	12.5	2.2	1.4	6.6	28.1	1.4	14.9

表2 帯域幅分布

また全ノードには固有のコメント数を割り当てる。サンプルとして1つの動画に対して分析を行った結果を利用する[6]。平均コメント数は4で標準偏差は6.8である。分析の結果を図6に示す。

固有のコメント数を割り当てた結果を表3に示す。

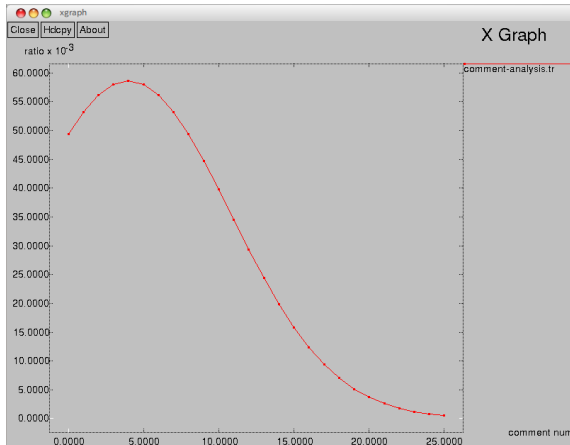


図 6 コメント数分析の結果

コメント数	2	5	7	10	12	15	17	20	22	25
割合 (%)	16	17	17	16	15	13	10	2	1	1

表 3 コメント数分布

ノード数に応じたクラスタの数を予め設定する。ノード数とクラスタ数対応表を表 4 に示す。

ノード数	200	400	600	800
クラスタ数	7	10	14	18

表 4 ノード数とクラスタ数対応表

その他の前提条件として、ノード間遅延を全てのノード間で 100ms に設定している。またパケットロス率は 0% として考慮しないこととする。

4.2 結 果

シミュレーションで用いたトポロジを図 7 に示す。この例ではノード数を 200 とし、クラスタを 7 としている。配信者ノードは 1, ゲートノードは 21, セミゲートノードは 21, ダイジェストノードは 42, ダイジェスト取得済ノーマルノードは 84, ダイジェスト未取得ノーマルノードは 28 でそれぞれ分布している。

図 8 と図 9 は各ノード数におけるスループット推移の様子である。また図 10 はスループットの推移の平均を示している。他のノード数と比較してノード数が 200 の時にスループットが低下しているが、ノード数が大きくなってもスループットの低下は見られないことがわかる。これによって大規模なノード数においてネットワーク全体の QoE の低下が無いことがわかる。

5. ま と め

本研究では、配信に途中参加したユーザがダイジェスト視聴可能な P2P ライブストリーミングシステムを提案した。トポロジ設計として階層型のクラスタ構造を提案した。さらに各ノードに役割を持たせ、ダイジェストがネットワーク内で枯渇しない設計を行った。さらにシステムは配信者から各ノード数へのホップ数を小さくし、ネットワーク全体の QoE が高くなることを目指した。

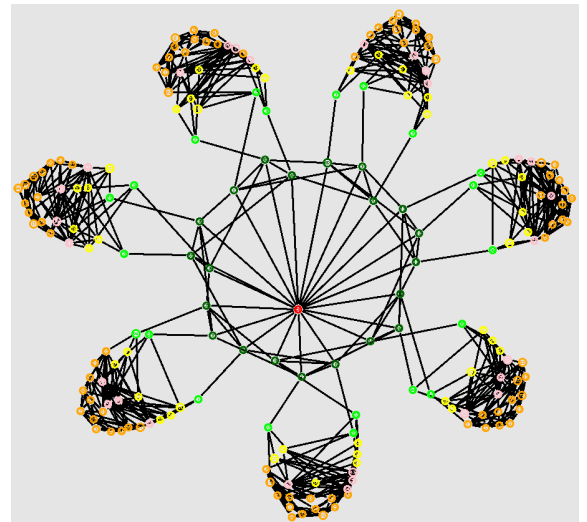


図 7 トポロジ

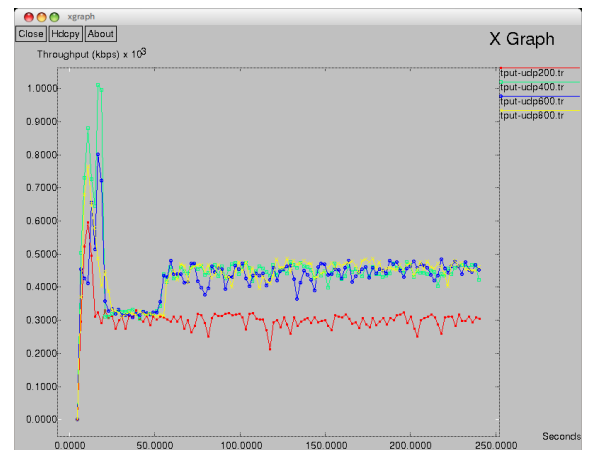


図 8 各ノード数におけるスループット推移の様子

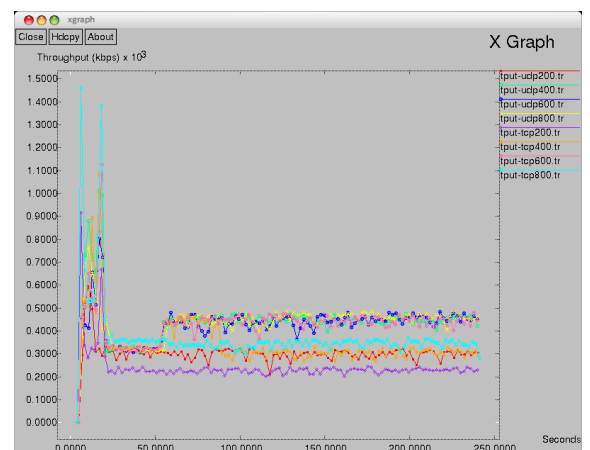


図 9 各ノード数における TCP 通信を含めたスループット推移の様子

シミュレーションの結果、ノード数が大きくなってもスループットの低下は見られず、ネットワーク全体の QoE は低下しないことがわかった。

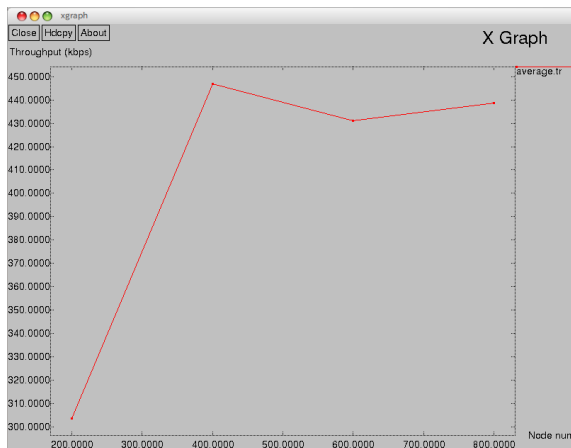


図 10 各ノード数におけるスループット推移の様子の平均

文 献

- [1] ニコニコ生放送, <http://live.nicovideo.jp/>.
- [2] USTREAM, <http://www.ustream.tv/>.
- [3] Yang Guo, Chao Liang, Yong Liu, " Hierarchically Clustered P2P Video Streaming: Design, implementation, and evaluation ", Computer Networks, pp.3432-3445, 2012.
- [4] 元橋 智紀, 藤本 章宏, 廣田 悠介, 戸出 英樹, 村上 孝三, " 多様な配信木により離脱耐性と遅延抑制を向上させる重畳クラスタ木型動画配信システム ", 通信技術の革新を担う学生論文特集, p.132-142, 2014 年.
- [5] Huey-Ing Liu, その他, " MeTree: A Contribution and Locality-Aware P2P Live Streaming Architecture ", AINA 24th IEEE International Conference on, pp.1136-1143, 2010.
- [6] " ニコニコ動画のコメントを分析してみる@ 2013 年冬アニメ ", <http://blog.livedoor.jp/mgnp/archives/51887779.html>, 2014 年閲覧.