

再生頻度に応じたファイル配置とP2Pシステムのジッタ性能評価

2010SE193 澁谷 有紀 2010SE196 清水 里美

指導教員: 河野 浩之

1 はじめに

Skype や Winny, Napster などの P2P 型を採用するメリットは従来のサーバー・クライアント型に比べて特定の端末に負荷がかからないため高スケーラビリティであり、サーバーが落ちても通信可能なため障害耐性がある。また、低コストを実現し匿名性もある。

しかし、P2P 型ストリーミングシステムを利用するにあたって、再生途切れによるユーザの待ち時間が発生したり遅延の揺れが発生したりなどの問題が挙げられる。この問題が頻繁に起こることによりユーザはストレスを感じるため、途中で再生を中断してしまう可能性があり、P2P ストリーミングの品質低下に繋がる。

そこで、本研究では動画の再生頻度に応じた P2P ストリーミングシステムの QoS (Quality of Service) について評価する。これまで P2P ストリーミングの品質を向上するため、様々な研究が成されたが再生頻度を考慮した研究はまだ行われていない。そのため本研究では人気動画、不人気動画をどのピアに置くかによって効率よく動画を再生しジッタを減らすのかを考慮する。ここで動画の人気度は Zipf 分布に従い動画を選択することとする。通信は UDP で行う。

第2章ではこれまで行われていた P2P ストリーミングシステムについての研究を著者、技術と共に紹介する。第3章では P2P ストリーミングを行う際、効率よく動画を再生するためにジッタを減らす手法を提案する。その際、動画の人気評価をするための Zipf 分布について説明する。第4章では NS2 による実験のパラメータやプログラムを説明する。第5章では実験の結果とその考察を行う。第6章ではこれまでのまとめを示す。

2 P2P ストリーミングシステム

本章では 2.1 節で P2P システムの特徴やトポロジーの種類などを説明し、2.2 節では関連研究として不人気動画視聴ピアの帯域を有効に活用する PEC (Popularity Based Efficient Caching) を説明する[2]。

2.1 P2P システム

ここでは P2P 型の通信をする際に用いられるネットワークポロジリーについてピア型、ハイブリッド型、スーパーノード型をそれぞれ説明する。ピア型は Winny, Gnutella などに使用されている形態で、検索・転送を P2P で行い、検索は隣接ピアを経由する。中心のピアはいない。ハイブリッド型は Napster が使用している形態で、イン

デックスサーバーはどのピアがどんな情報を持っているのか集中管理しているため、データの所在検索に適している。スーパーノード型は Skype が使用している形態で、3 つの処理能力の高いノードと下部の一般のノードに別れている。そして一般ノードは検索情報などを保持しないためデータの検索は処理能力の高いノードが行う。

2.2 PEC

これより、動画を円滑に再生するための手法 PEC について説明する。PEC は再生頻度が少ない不人気動画に対して送信帯域を有効活用した手法である。図1の矢印はセグメント送信を表しており、FIFO (First In First Out) 方式ではよく再生される人気動画に対して不人気動画の送信帯域が有効活用されない。不人気動画を再生した場合には人気動画がキャッシュから溢れてしまい、再生頻度が少ない不人気動画がキャッシュに残ってしまうため、効率が悪い。人気動画を視聴しているピア A, B, C は人気動画のセグメントを持っているため a, b, c, d のように他ピアに送信出来る。ただし e は他ピアに送信出来ない。図1に示す PEC は不人気動画を視聴している D のピアもキャッシュに人気動画を持つため配信サーバーの負担を低減することに成功している。A, B, C の人気動画を視聴しているピアだけでなく不人気動画を視聴している D も送信出来るため、a, b, c, d, e のようにそれぞれ他ピアに人気動画のセグメントを送信することができ、効率が良い。また、表1に先行研究の技術とその内容を示す。

表1 先行研究の技術

技術名	技術内容
再生途切れ時間短縮方式	次に再生する動画を予測し、それを予めバッファリングすることで再生開始までの待ち時間を減らす[2]。
V-Chaining 方式	VoD システムでピア間の遅れを評価し、遅れの中で平均の遅れを最小にし評価する。最小のジッタの中で最適経路を選ぶ[1]。
BIS 方式	P2P ストリーミング環境で再生途切れを短縮するため、ピースの希少性やピースの緊急性を考慮[3]。
レアレストファースト方式	希少なピースを優先的に受信する[3]。BitTorrent に使われている。

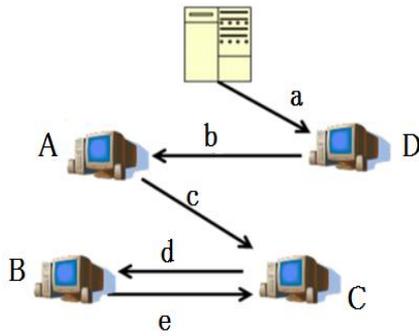


図1 PECにおけるセグメント送信者の例

3 提案内容

本章では3.1節でネットワークポリシーの提案, 3.2節ではジッタの説明をし, また3.3節では動画の人気度の指標である Zipf 分布について説明する.

3.1 再生頻度によるファイル配置提案

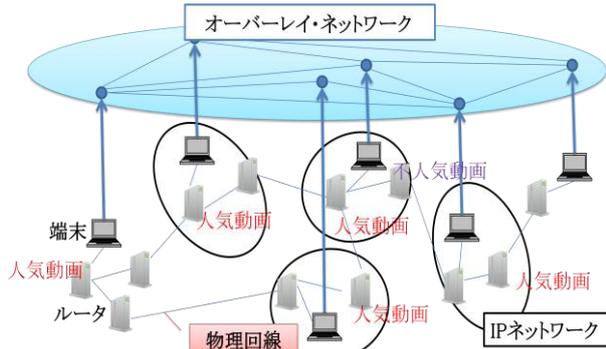


図2 動画の人気度に応じたネットワークの提案

本研究では再生頻度を考慮した P2P ストリーミングシステムのジッタ評価を行う. 図2に提案内容のネットワーク図を示す. なお, IP ネットワークのトポロジーはピア型とする.

図2より, シミュレーションにおけるネットワークは上層部に仮想的なオーバーレイ・ネットワーク, 下に IP ネットワークが存在している. 仮想的なオーバーレイ・ネットワークにおいてホップ数が同じピア間の場合でも, IP ネットワーク層ではホップ数が大きく異なってしまう場合がある. つまり, 仮想的なオーバーレイ・ネットワークで同じホップ数でも, ジッタが異なってくるということがいえる.

そこで, 本研究では物理回線での IP ネットワーク層におけるホップ数を考慮することでジッタを減らしていくことを考える. 図2のように各 IP ネットワークには再生される確率の高い人気動画をそれぞれに配置し, ホップ数を減らすことで効率のよい動画再生をできるようにする. 逆に, 再生される確率の低い不人気動画については配置する数を少なくする. しかし, これでは不人気動画を再生した場合, 急激にジッタが増加してしまうことが考えられる. そ

のため, 不人気動画はできるだけそれぞれのピアからホップ数の少ない中心にある IP ネットワーク配置する. これによって, たとえ不人気動画が再生された場合でも最小限のジッタにおさえることができる.

3.2 ジッタ

ジッタとは信号の時間的なズレや揺らぎであり, パケットの伝送時間が一定しない状況を表す. 図3にパケットジッタの図を示す. 図3より, 上部のパケットの送信時間を, t_1, t_2, \dots また, 受信側の到着時間をそれぞれ u_1, u_2, \dots とおき, パケットの送信間隔と受信間隔は任意の自然数 n を用いて式(1), (2)のように表す.

$$t_{2n} - t_{2n-1} \quad (1)$$

$$u_{2n} - u_{2n-1} \quad (2)$$

送信間隔は一定であるため, 式(1)は常に一定の値をとるが, 下部の受信側のパケットの到着間隔はそれぞれ異なるため, 式(2)の値は一定ではない. この受信間隔と送信間隔の差がジッタである. よってジッタは式(3)で表される.

$$(t_{2n} - t_{2n-1}) - (u_{2n} - u_{2n-1}) \quad (3)$$

このジッタはネットワークの輻輳や不適切なキューイングなどの原因となり, ノイズや音とび, 音質・画質の劣化などを発生させる.

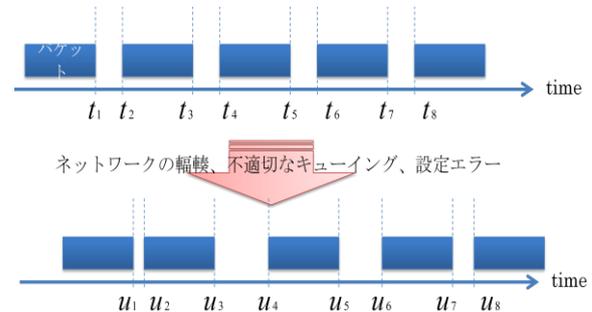


図3 パケットジッタ

3.3 再生頻度に成り立つ Zipf 則

Zipf 分布とは, 出現頻度が k 番目に大きい要素が全体に占める割合が $1/k$ に比例するという経験則である. この Zipf 分布のグラフについて, 縦軸を頻度, 横軸を順位とし, 図4に示す. この法則は自然現象や社会現象などで成立することが確認されており, Web のリンク数や単語の使用回数, 都市の大きさ, 企業の規模, 図書館での書籍の人気度などを表すのに利用されている. これらは, 順位に対し値が反比例しているため, 順位の高いわずかな要素が極度に高い値を示し, 大多数の要素が極めて低い値を示す. つまり, Web のリンク数を例にとると, 誰もがリンクするサイトはごくわずかで, 多くのサイトは誰にもリンクされないということがいえる.

本研究では動画の再生回数が Zipf 分布に従うものとする. Web のリンク数と同様に誰もが再生する動画はごく

わずかで、多くの動画はほとんど再生されないことがいえるため、提案内容の動画の人気度を考慮したネットワークは、従来よりも効率のよい配信が可能になることが予測される。

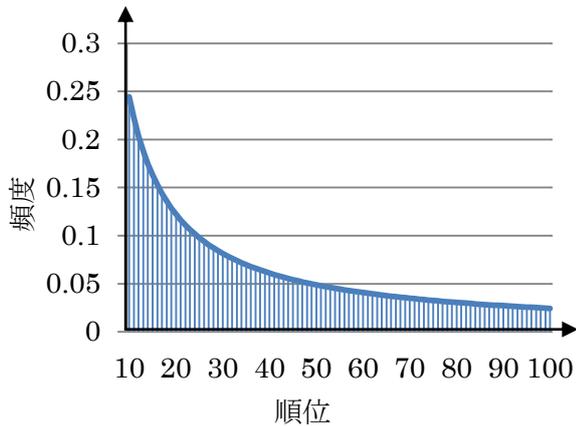


図4 Zipf分布のグラフ

$$f(k; s, N) = \frac{1/k^s}{\sum_{n=1}^N 1/n^s} \quad (4)$$

ただし N は全要素の数、 k は順位を示し、 s は常に $s=1$ とする。

4 P2P ストリーミングのシミュレーション

本章では各シミュレーターの特徴と、それを用いた実験結果を示す。そして実験のために適切なパラメータを設定し、プログラムの紹介を行う。実験は既存の再生頻度を考慮していない手法と、本研究の提案手法を比較し、結果を示す。ジッタの定義を式(3)とし、再生頻度に関しては式(4)に従うこととする。

4.1 シミュレーターの選択

表2よりそれぞれのシミュレーターの比較を行い、NS2 (Network Simulator Version2) を使って実験を行う[4]。NS2はP2Pストリーミングシステムの評価を行うにあたって代表的なものであり、本研究では大規模性を主張していないため、NS2が最適なシミュレーターだと考える。また、メジャーなシミュレーターであり、フリーソフトで簡単に手に入れられるのが特徴である。

4.2 パラメータ設定とNS2のプログラム

これより表3のパラメータを用いて実験を行う。それぞれの帯域幅については、バックグラウンドに様々な通信が行われていることを考慮し、小さな値を設定する。また、通信方式はUDPで行っているため、ジッタの評価ができる程度のパケットが到着するように、それぞれのキューサイズを表3の値に設定する。

次にNS2でプログラムを組むためのシナリオファイル作成の手順を以下のように考える。

- Step0:シミュレーターの宣言と出力ファイルの設定
- Step1:Node と Link の設置
- Step2:Agent の設置
- Step3:Application の設置
- Step4:シミュレーションのタイムスケジュールを設定
- Step5:設定終了を宣言

表2 シミュレーターの比較

シミュレーター	特徴
p2psim	<ul style="list-style-type: none"> •DHT を評価することが目的のシミュレーター •ネットワークへのノードの参加・離脱を制御することができる
peersim	<ul style="list-style-type: none"> •数百万のノード規模のネットワークを評価することができる •実装されたDHTのアルゴリズムではなく、個別に用意する必要がある
NS2	<ul style="list-style-type: none"> •各種通信システムを評価するためのシミュレーター •ネットワークが極めて詳細なため、大規模性を主張したいP2Pシステムには不向き
MACEDON Mace	<ul style="list-style-type: none"> •DHT等のオーバーレイ・ネットワーク開発を容易にするフレームワーク •共通の基盤を用いることで、複数の実装を比較評価が可能

表3 シミュレーションパラメータ

パラメータ	値
ピア数	20
ルータ数	1
LAN数	3
ソースノードとルータ間の帯域幅	1Mbps
ルータ間の帯域幅	2Mbps
ソースノードとルータ間のキューサイズ	3500pkt
ルータ間のキューサイズ	4000pkt
ルータ間の転送遅延	30~300ms
ソースノードとルータ間の転送遅延	30ms
動画の長さ	300sec
動画のパケットサイズ	1000pkt
シミュレーション時間	1200sec

5 NS2によるシミュレーション結果

これよりNS2によるシミュレーション結果を示す。5.1節ではNAMの出力結果を示し、5.2節では提案手法のファイル配置で不人気動画を視聴した際のジッタとそうでないもののファイル配置で不人気動画を視聴した際のジッタを比較する。

5.1 NAMの出力結果

本節ではNAMの出力結果を図5に示す。LAN1, LAN2, LAN3はそれぞれヨーロッパ, 日本, アメリカを想定し、転送遅延はLAN1, LAN2間が300ms, LAN2, LAN3間は200msとする。リンクの長さは遅延時間に影響するため、それぞれのLANの間はLinkの長さが長くなっていることが分かる。

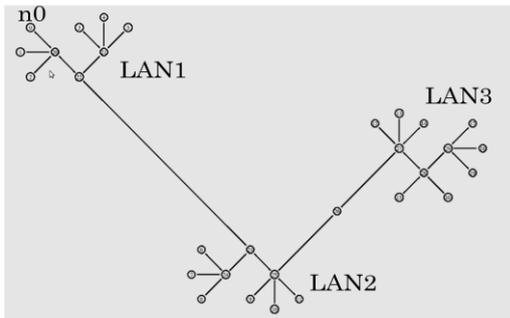


図5 NAMの出力結果

5.2 ジッタ性能評価

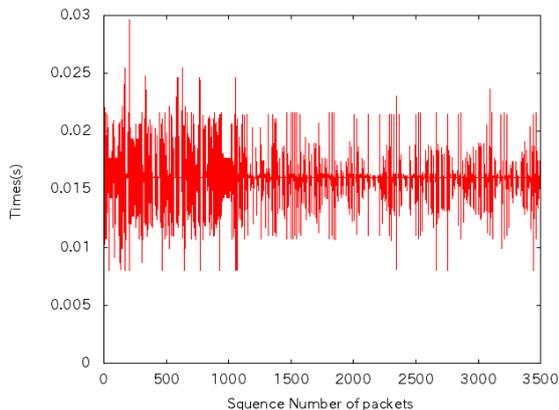


図6 ネットワークの端から通信した際のジッタ

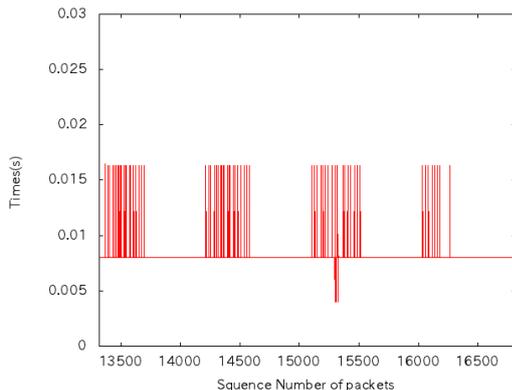


図7 提案手法のシステムで生じたジッタ

本節ではそれぞれのジッタをグラフに表す。図6, 7にはn0が不人気動画を視聴した際のジッタを示す。図6は不人気動画ファイルをネットワークの端に配置した際のジッタであり、図7には我々の提案手法でファイル配置を行った際のジッタを示す。

実験結果より、人気動画はどちらのシステムもそれぞれのピアに配置してあるため、n0が人気動画を視聴した場合近くのピアから動画を送信でき、どちらも揺れの最大は0.00832秒となった。一方、図6, 7の場合、n0が不人気動画を視聴しているため二つのグラフが大きく違っていることが分かる。不人気動画をネットワークの端に配置してあるシステムでは揺れの最大は0.0216秒となり、ジッタは約2.6倍に増加したが、それに比べて我々の提案手法で実行した場合は、人気動画を視聴した際と変わらず小さかった。よって我々の提案手法はP2PストリーミングのQoSが向上していることが分かる。

6 まとめ

本研究ではP2Pストリーミングを行う際に発生するジッタを減らすために再生頻度に応じたファイル配置を提案した。NS2を用いて、再生頻度を考慮したファイル配置のシステムと、再生頻度を考慮せずに不人気動画のファイルをネットワークの端に置いたシステムとのジッタの比較を行った。その結果、n0が不人気動画視聴の際、前者の方がジッタは少なかった。人気動画を視聴した際はそれぞれのピアからのホップ数が少ないため、ジッタは両者ともあまり変わらなかった。我々の提案手法は、不人気動画ファイルをネットワークの端に配置したシステムよりも、ジッタを最大で約38.5%改善できた。よって不人気動画はそれぞれのピアからできるだけホップ数が少ない場所に設置した方が効率の良いファイル配置だといえる。

参考文献

- [1] Hareesh K.. and Manjaiah D.H., "Quality of Service in Peer to Peer Video on demand System Using V Chaining Mechanism," International Journal of Computer and Information Technology, Vol.02, No.01, pp.1-9 (2013).
- [2] 池田匡視, 岡崎直宣, 朴美娘, "P2Pを用いたビデオストリーミング配信システムの効率化に関する検討," マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOMO2011)シンポジウム, pp.99-106 (2011).
- [3] 坂下卓, 義久智樹, 原隆浩, 西尾章治郎, "P2Pストリーミング環境における再生途切れ時間短縮方式," 情報処理学会論文誌, Vol.52, No.3, pp.1045-1054 (2011).
- [4] 錢飛, "NS2によるネットワークシミュレーション," 森北出版株式会社(2006).