

P2P を用いた VOD サーバの負荷低減方式の提案

—サーバならびにクライアントの資源を利用するキャッシュ管理法—

中西 亮[†] 佐藤 陽一[†] 島田 佳広[†] 平田 謙司[†] 品川 高廣^{††} 吉澤 康文^{††}

[†]東京農工大学大学院工学教育部 ^{††}東京農工大学大学院共生科学技術研究部

1. はじめに

近年、ホテル内や航空機内などにおける Video on Demand (以下、VOD と記す) 配信システムが普及してきている。VOD サーバでは、大容量のファイルを多数のクライアントへ配信する必要があるため、ディスクとネットワークの高速な入出力機構が要求される。ディスクの入出力においては、ディスク上のファイルをメモリ上にキャッシュすることで、入出力回数の削減が期待できるが、ストリーミングメディアのファイルは、1GB～数GB もの容量になるため、複数のストリーミングメディアをサーバのメモリにキャッシュすることは難しい。一方、ネットワークの入出力においては、マルチキャストを用いて複数のクライアントに同時配信することで入出力回数の削減が期待できるが、ルータなどのネットワーク機器がマルチキャストに対応している必要があるため、導入が容易ではない。

そこで、我々は P2P を用いた VOD 配信方式を提案する。本方式では、クライアントのキャッシュにメディアデータをオフロードすることにより、サーバのディスク入出力の削減を図る。また、オフロードされたメディアデータの配信は、クライアントが行うため、サーバのネットワーク入出力を削減することができる。以上のような機構を実現するため、我々は独自の VOD サーバ、クライアント、プロトコルを開発した。本稿では、本方式におけるキャッシュ管理方式について述べる。

2. P2P を用いたストリーミング配信

ホテル内や航空機内における VOD 配信システムでは、セットトップボックスなどのストリーミング専用機がクライアントとして使われることが多い。このような専用機はディスクを持たずメモリも 64MB 程度であることが多く、PC と比較して少ない資源しか持たない。そこで、時間的に近い配信要求を行うクライアントをグループ化することで、少ないメモリであってもキャッシュのオフロードが可能となる。

提案するシステムの全体像を図 1 に示す。図 1 は、ある 1 本のストリーミングメディアにおける配信の様子を示している。ストリーミングメディアに対し初めてクライアントが到着したとき、サーバはクライアントに直接配信する (1st generation)。同じストリーミングメディアに対して新たなクライアントが来たとき、1st generation

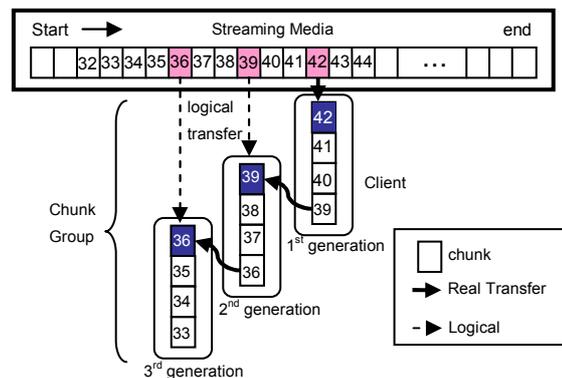


図 1 VOD 配信システム

のクライアントがストリーミングメディアの先頭のデータを配信可能な状態にあったとき、クライアント間での転送を行う (2nd generation)。このように、クライアント間でデータを転送するクライアントのグループをチャンクグループと呼ぶ。以降、新たなクライアントが来たときに、最も若い generation のクライアントがデータを転送可能な状態であれば、チャンクグループにクライアントを追加し、そうでなければサーバから配信する。クライアントがチャンクグループを形成している場合、サーバは、2nd generation 以降のクライアントに対して配信する必要がないため、1 つのチャンクグループに対し、1 クライアントに配信するためのディスク入出力とネットワーク入出力を行うだけで済む。このため、サーバにおける入出力の削減が可能となる。クライアントは、再生を行うために必要なデータをメモリに受信し、不要となったデータを廃棄するので、ディスクを持つ必要がない。

3. クライアントの資源を利用したキャッシュ管理法

3.1 チャンク単位のメディアデータ管理

本システムでは、チャンクという単独で再生可能な単位でストリーミングメディアを扱う。チャンクを配信の単位にすることで、以下の利点が得られる。

(1) 再生可能時間の見積もり

クライアントは、受信したデータの残りの再生時間を正確に知ることができる。チャンクグループをなるべく多く作成するためには、クライアントが先頭チャンクをできるだけ長くキャッシュしていることが重要であるが、クライアントは残りの再生時間を見積もることで、先頭チャンクを廃棄する時間を遅らせることができる。また、配信データの通信中にパケット落ちを起こした場合に、クライアントは再送を試行する回数を見積もることができる。

Load Reduction Method of VOD Servers using P2P
- Cache Control Method using Server and Client Resources -
Ryo Nakanishi[†], Yoichi Sato[†], Yoshihiro Shimada[†], Kenji Hirata[†], Takahiro Shinagawa^{††} and Yasufumi Yoshizawa^{††}
[†]Graduate School of Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology
^{††}Institute of Symbiotic Science and Technology, Tokyo University of Agriculture and Technology

(2) 管理の簡略化

フレームなどのより小さい単位でデータを扱うと、MPEG ビデオなどの圧縮形式では、前後のフレームに対する依存関係を考慮する必要があるため、転送の制御やクライアントにおけるキャッシュ管理が複雑になる。チャンクを単位に管理することで、クライアントのキャッシュ管理の簡略化や、制御のための通信によるオーバーヘッドの軽減が期待できる。

本システムでは、MPEG2 をストリーミングメディアとして採用している。MPEG ビデオでは 1GOP (Group of Picture) を再生保証の最小単位としているため、チャンクは最低でも 1GOP の映像データと映像データに対応する音声データを含むように作成される。

3.2 キャッシュ状態管理

本システムにおけるクライアントは、チャンクを他クライアントに転送する必要があるため、再生の終了したチャンクをすぐに破棄することはできない。また、クライアントはメモリにのみチャンクをキャッシュしディスクを使用しないため、限られた容量の中で適切にキャッシュを管理する必要がある。そこで、クライアントはブロックと呼ばれる単位でキャッシュを保持し、その状態を管理する。1 ブロックには 1 チャンクが格納され、表 1 に示す 4 つの状態 (Init, Future, Current, Past) と表 2 に示す 2 つの転送状態 (Forwarded, Not-forwarded) を持ち、図 2 に示す状態遷移を行う。このブロック単位のキャッシュ状態管理により、クライアントは容量の限られたメモリにおいて、不要となったチャンクを適切に廃棄し、新たなチャンクを受信するためのメモリを確保する。

表 1 ブロックの状態

状態	意味
Init	チャンク未受信
Past	再生完了
Current	再生中
Future	未再生

表 2 ブロックの転送状態

状態	意味
Forwarded	転送完了
Not-forwarded	未転送

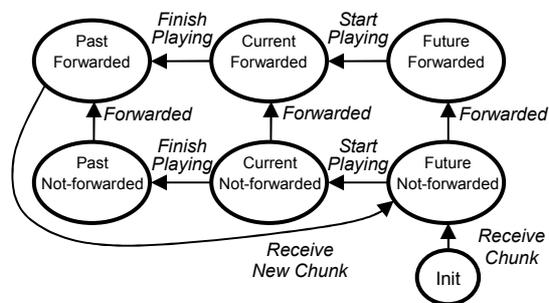


図 2 ブロックの状態遷移

Init ブロックはキャッシュとして有効なデータを持たないブロックである。チャンクを受信しブロックに格納すると Future ブロックとなる。Future ブロックは再生が開始されていないことを示す。再生を開始すると Future ブロックを Current ブロックとする。Current ブロックは現在再生しているブロックを示す。よって Current ブロックは常に 1 つである。再生が終了すると Past ブロックとなる。また、3 つの再生状態 (Future, Current, Past) のそれぞれにおいて転送状態を持つ。Not-forwarded は転送していないことを示し、転送が完了したブロックは Forwarded となる。

Past かつ Forwarded のブロックは、不要であるため、新たなチャンク受信するためのブロックとして再利用される。

4. 関連研究

P2VoD[1]は、同一コンテンツの配信を受けるピアのうち、時間的に距離の近いピアを Generation と呼ばれるグループにする。転送先ピアへの配信経路を冗長化することでサーバを介さない障害復帰を可能としている。提案手法では、障害時にクライアントはサーバへの接続を必要とするが、経路の冗長化が必要ないためサーバの配信数は少なくなる。

Hefeeda らは、ピアのストレージを使用するストリーミング配信システムを提案している[2]。ピアはセグメントに分割されたストリーミングメディアをストレージにキャッシュし、自分の持つセグメントの配信を受け持つ。ピアは配信を受けている間だけでなく、サービス終了後に自分の持つセグメントに対して新たな配信要求があった場合においても配信を行う点が本研究と異なる。

5. おわりに

本稿では、P2P を用いた VOD 配信方式の提案し、クライアントの資源を利用するキャッシュ管理法について述べた。本システムは、時間的に近い配信要求を行うクライアントをチャンクグループと呼ぶグループにして、メディアデータをオフロードすることでサーバの負荷低減を目指している。また、本手法ではチャンク単位でメディアデータを扱い、ブロック単位でクライアントのキャッシュを管理する。

なお現在本機構を実装中であり、今後の課題として実環境下での評価、および既存研究との比較評価があげられる。

参考文献

- [1] T. Do, K. Hua, and M. Tantaoui. P2VoD: Providing Fault Tolerant Video-on-Demand Streaming in Peer-to-Peer Environment. Proc. of the IEEE Int. Conf. on Communications (ICC 2004) 2004.
- [2] M. Hefeeda, and B. Bhargava. On-Demand Media Streaming Over the Internet. In Proc. of the 9th IEEE Workshop on Future Trends of Distributed Computing Systems (FTDC03) 2003.