

大規模テープアーカイバにおけるデータ再配置手法の検討

3R-4

根本 利弘 喜連川 優 高木 幹雄
東京大学 生産技術研究所

1 はじめに

地球環境データやマルチメディアデータなどの格納を目的として、多数のテープを格納できる大容量テープアーカイバが盛んに開発されるようになってきた。一般的なアーカイバでは、ラック内のテープ上のファイルへアクセスするためには、まず目的のテープをドライブへマウントし、さらにデータの先頭位置までシークする必要があるが、一般にシーク時間はデータへのアクセスリクエストを発行してからアクセス終了までの時間の中で大きな割合をしめる。また、多くのテープドライブではテープ先頭に位置情報やその他の情報を持つために、イジェクト時にはテープを巻戻す必要がある。最近、この巻戻しの時間を短縮するため、テープ上に複数のロード/イジェクトゾーンをもち、テープの途中でもロード/イジェクト可能なドライブが開発されている。本稿では、アーカイバにおいてこのようなテープドライブを用いた際の応答時間をシミュレーションにより評価する。さらに、テープ上の複数のアクセス頻度の高いデータ間を往復する際のシーク時間を短縮するために、テープ最後部にアクセス頻度の高いデータをコピーしてまとめた場合についての評価も行う。

2 データ再配置

2.1 テープ途中でイジェクト可能なドライブの使用

テープの先頭にのみ位置情報等をもつテープドライブ装置では、テープをイジェクトする度に先頭まで巻戻しをする必要がある。このため、アーカイバのように複数のテープを何度も入れ換えなければならない場合には、テープ後方にあるファイルは、ロード後およびイジェクト前に長いシークを必要とし、応答時間において極めて不利になる。したがって、アクセス頻度の高いファイルをテープ先頭に配置することが望ましいが、一般に磁気テープ装置ではアペンドのみが可能であり、テープ上の任意の位置のファイルのみを変更することはできないため、ファイルのテープ上の位置は、アクセス頻度の予測が困難な格納時に決定されてしまう。

この問題を解決するため、近年、テープ上に複数のロード/イジェクトゾーンを持つテープドライブ装置が開発されている。このドライブを用いることでテープの入れ換えのためのシーク時間が大幅に短縮される上、テープ後方の新たにアペンドしたファイルが不利にな

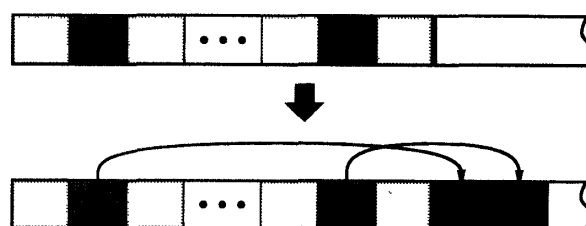


図1: 高アクセス頻度ファイルのコピー法

るといふことがなくなる。

2.2 データ再配置法

ファイルをテープ上に記録する際、テープ容量全てを使わずにいくらかの程度空き領域を残しておき、同一テープ内のアクセス頻度の高いファイルをこの領域にコピーする(図1)。これにより、異なる高アクセス頻度ファイルが連続してアクセスされる場合のシーク時間を短縮することが可能となり、応答性能の向上が見込まれる。また、同一テープ内であるため、テープの入れ換えなしでコピーを作成することができる。アクセス頻度が変化した場合には、コピーされたファイル領域に新たな高アクセス頻度ファイルを上書きすることが可能であるため、アクセス頻度の動的な変化にも対応することが可能である。

3 性能評価

3.1 シミュレーションパラメータ

表1は、シミュレーションに用いたパラメータである。ドライブとして2台のExabyte社製EXB-8505XLをもつNCLコミュニケーション社製アーカイバNTH-200Bに準じてパラメータを決定し、ドライブはテープの途中でロード/イジェクトが可能であるものと想定している。

ファイルサイズは全て25MBとし、ファイルには、全データ数の2%を占め、全リクエストの98%を受け取る高アクセス頻度ファイルと、全データ数の98%を占め、全リクエストの2%を受け取る低アクセス頻度ファイルの二種類があり、これらを全テープにわたりランダムに配置した。コピーのための空き領域は各テープ20ファイル分としている。また、アクセスリクエストの到着時間は負の指数分布に従うものとした。

3.2 シミュレーション結果

図2は、テープを先頭位置1箇所ではしかイジェクトで

表 1: シミュレーションパラメータ

アーカイバ	
ドライブ数	2 台
ロボットアーム数	1 台
カセット数	200 本
テープ容量	7GB(最大 280 ファイル)
テープドライブ	
テープロード時間	35 秒
シーク速度	25MB/秒
リード/ライト速度	500KB/秒
テープイジェクト時間	20 秒
ロボットアーム	
移動時間 (テープ操作なし)	2 秒
移動時間 (テープ操作あり)	12 秒
データ	
ファイルサイズ	25MB
オリジナルファイル数	260 ファイル/テープ

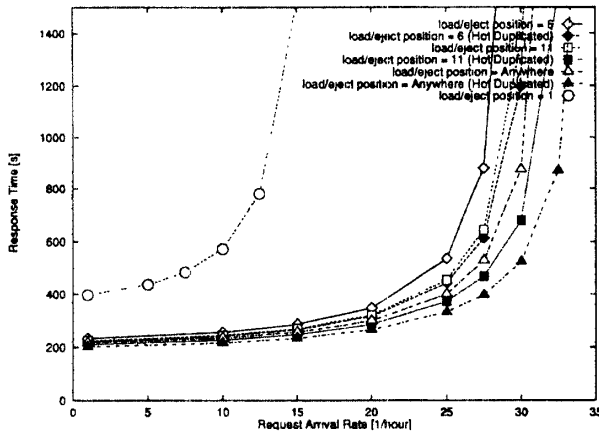


図 2: テープ途中でロード/イジェクト可能なドライブの使用時および高アクセス頻度ファイルのコピー時の平均応答時間

きない場合、テープ先頭より 1400MB 毎、および 700M 毎のそれぞれ 6 箇所、11 箇所の位置でロード/イジェクト可能な場合、テープ途中のどこでもロード/イジェクト可能な場合、さらにテープ途中でロード/イジェクト可能な 3 通りの場合において、高アクセス頻度ファイルが既にテープ最後にコピーしてまとめられている場合の 5000 アクセスの平均応答時間である。

テープ途中でロード/イジェクト可能なドライブを用いることで、応答時間が大きく短縮されることがわかる。これは、テープをイジェクトする際に巻戻しを必要とするドライブでは、イジェクト前の平均シーク時間は約 130 秒であるのに対し、テープ途中 5 箇所イジェクト可能なドライブでも平均約 14 秒となることが大きな理由である。

高アクセス頻度ファイルをテープの最後にコピーしてまとめることで、テープ途中でロード/イジェクト可

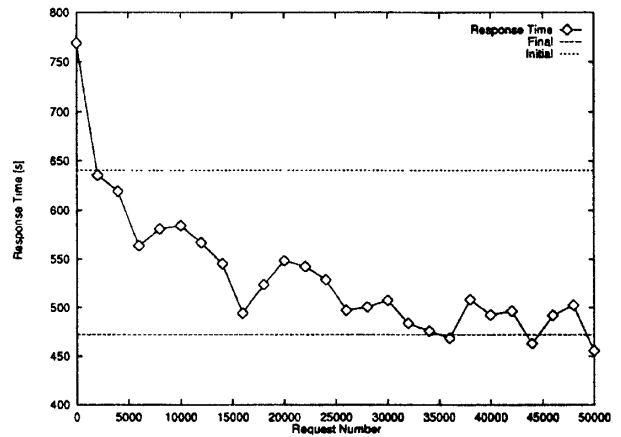


図 3: 動的に高アクセス頻度ファイルをコピーした時の平均応答時間の変化

能な場合のいずれにおいても応答性能が高められることもわかる。これはあるテープ上のファイルに関して、高アクセス頻度ファイルがアクセスされた後、低アクセス頻度ファイルにアクセスされることなく別の高アクセス頻度ファイルにアクセスされる場合のシーク時間が短縮されるためである。

図 3は、テープの最後にファイルのコピーが存在しない状態を初期状態とし、高アクセス頻度ファイルがアクセスされた直後に、新たなリクエストが無く、そのファイルがまだコピーされていない場合には、そのファイルをテープの最後にコピーするという操作を行った場合の、2000 アクセス毎の平均応答時間である。テープ上のロード/イジェクト位置は 11 箇所の場合であり、リクエスト到着率は毎時 27.5 個である。

シミュレーション開始直後は、ファイルコピーが頻繁に起き、その間に生じたリクエストがブロックされるために、初期状態に対して応答時間が 20%程度増加しているが、その後、すぐにファイルのコピーによる効果が現れはじめる。大きなオーバーヘッドを伴わず、テープ最後部に高アクセス頻度ファイルのコピーを作成することが可能であることがわかる。

4 おわりに

テープの途中でイジェクト可能なドライブを用い、テープ内のアクセス頻度の高いデータをテープの最後にコピーすることで、シーク時間を減少させ、テープアーカイバの応答時間を短縮する方式を提案した。また、シミュレーションを行い、その効果を示した。さらに、わずかなオーバーヘッドで動的に高アクセス頻度ファイルのコピーを作成することが可能であることも示した。

参考文献

- [1] 根本利弘, 喜連川優, 高木幹雄. “スケーラブルテープアーカイバを用いた大規模ファイルシステムにおけるファイル編成方式の検討”. 情報処理学会第 53 回全国大会講演論文集, 1996. 1R-6.