

バッファ付き磁気テープ装置における性能解析方式とその適用例^{*1}

3 G-4

渡辺 治明^{*2} 山本 彰^{*3}
(株)日立製作所システム開発研究所^{*4}

1. はじめに

主にデータのバックアップ／リストアに使用する磁気テープ装置は、一般的にバッファを搭載して以下の様にリード／ライト処理を実行する[1]。

- (a)リード処理は、磁気テープから一括してデータをバッファに先読みし、順にバッファからホストにデータを転送する
- (b)ライト処理は、ホストから受領したデータをバッファに格納してまとめて磁気テープに記録する

上記動作は、磁気テープのスタート／ストップ処理のために1/Oが停止し、性能が劣化することを防止するためである。このとき、バッファサイズが適正容量よりも小さい場合は装置性能（スループット）を劣化させ、適正容量よりも大きい場合は無意味に装置コストを上昇させることになるため、バッファサイズとスループットとの関係を解析／評価することが重要である。本講演では、ホストと磁気テープ装置からなるシステムをモデル化して、バッファサイズのシステムスループットへの影響を解析する手法を提案する。また、本手法の適用例を示す。

2. システムモデル

バッファサイズの解析モデルとして、ホストと磁気テープ装置のシステムから、ホスト、バッファおよび磁気テープという要素によって構成されるモデルを定義する（図1）。本モデルでは、ホストとバッファ間のデータ転送（以下、ホスト側データ転送と呼ぶ）とバッファと磁気テープ間のデータ転送（以下、ドライブ側データ転送と呼ぶ）に関して、簡単化のため次の仮定をおく。

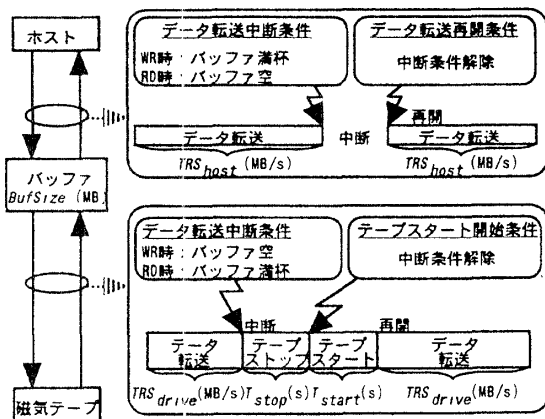


図1 ホストと磁気テープ装置のシステムモデル

^{*1} The Performance Analysis for Magnetic Tape Device with Data Buffer and an example of its Application

^{*2} Haruaki Watanabe

^{*3} Akira Yamamoto

^{*4} Systems Development Laboratory, Hitachi Ltd.

ぶ）に関して、簡単化のため次の仮定をおく。

〔仮定〕データ転送を中断する契機は、バッファが空になった時（バッファからデータを読み出す時）／バッファが満杯になった時（バッファにデータを格納する時）とする。また、データ転送を再開する契機は、バッファが空でなくなった時（バッファからデータを読み出す時）／バッファが満杯でなくなった時（バッファにデータを格納する時）とする。

実際には、ホスト側、ドライブ側共に、データ転送はバッファ内に転送単位分のデータや転送単位分のデータを格納する領域がなければ行うことができないため、上記仮定を設けた性能解析の結果は実装置よりも良いものとなる。しかし、一般にデータ転送単位は数KBから数十KBであり、ここでの性能解析の対象となる装置は数MBのバッファを搭載していることから、上記仮定の影響は小さい。

3. システムモデルの性能解析

実際の装置を想定すると、ドライブ側データ転送速度（ TRS_{drive} ）、スタート／ストップ時間（ T_{start} 、 T_{stop} ）、および、バッファサイズ（ $BufSize$ ）はそれぞれ固定の値となるが、ホスト側データ転送速度（実際にホストからバッファに転送される単位時間あたりのデータ量： TRS_{host} ）はアプリケーション等により変化する値を取る。ここでは、ホスト側データ転送速度の変化に対して、システムモデルがどの程度のスループットになるかを算出する。本システムモデルでは、スループットは $\min(TRS_{host}, TRS_{drive})$ (MB/s) を越えることはないことは明らかである（以下では上記値をスループット限界値と呼ぶ）。

以下ではリード処理の場合について述べるが、「（バッファ）満杯」と「（バッファ）空」を互いに置き換えることにより、ライト処理も同様に扱うことが出来る。

3.1 ホスト側データ転送速度の方がドライブ側データ転送速度よりも大きい場合

ドライブ側データ転送において、バッファが満杯になることはないので、データ転送は中断しない。したがって、スループットは TRS_{drive} (MB/s) となる。

3.2 ホスト側データ転送速度の方がドライブ側データ転送速度よりも小さい場合

本ケースでは、バッファ満杯によるドライブ側データ転送の中断がホスト側データ転送の中断を引き起こす可能性

がある。なぜなら、テープのスタート/ストップ時間だけドライブ側データ転送が中断するので、この間でバッファが空になる可能性があるからである。バッファサイズが式(1)よりも大きい時はバッファが空になってホスト側データ転送が中断することはないため、スループットは、 TRS_{host} (MB/s) となる。

$$TRS_{host} \times (T_{start} + T_{stop}) \text{ (MB)} \quad (1)$$

また、式(1)を変形して、ホスト側データ転送速度が式(2)よりも小さいときスループットが TRS_{host} (MB/s) となることも明らかである[2]。

$$\frac{BufSize}{T_{start} + T_{stop}} \text{ (MB/s)} \quad (2)$$

一方、本ケースでは、 $TRS_{host} < TRS_{drive}$ であるから、式(3)が成り立つようなバッファサイズがあれば、任意のホスト側データ転送速度においてスループットが TRS_{host} (MB/s) (限界値) となる。

$$BufSize > (T_{start} + T_{stop}) \times TRS_{drive} \quad (3)$$

スループットが限界値以下となるのは、バッファサイズが式(3)右辺以下で、かつ、ホスト側データ転送速度が式(4)を満たすときである。

$$\frac{BufSize}{T_{start} + T_{stop}} < TRS_{host} < TRS_{drive} \quad (4)$$

このときのスループットは次のように求めることができる。ドライブ側データ転送の中断している時間 ($T_{start} + T_{stop}$) でバッファは空になるから、ドライブ側データ転送が転送を再開してから次に中断するまでの時間は、バッファが空の状態から満杯の状態になるまでの時間であるから、その値は式(5)となる。

$$\frac{BufSize}{TRS_{drive} - TRS_{host}} \text{ (s)} \quad (5)$$

式(5)の時間で磁気テープから読み出すことができるデータ量は、式(6)となる。

$$\text{式(5)} \times TRS_{drive} \text{ (MB)} \quad (6)$$

定常状態においては、式(5) + スタート/ストップ時間で、式(6)のデータ量を転送することになるから、スルー

プットは、式(7)で求めることができる。

$$\frac{\frac{BufSize}{TRS_{drive} - TRS_{host}} \times TRS_{drive}}{\frac{BufSize}{TRS_{drive} - TRS_{host}} + T_{start} + T_{stop}} \text{ (MB/s)} \quad (7)$$

4. 適用例

下記のスペックの磁気テープ装置に対して、本手法を適用して性能解析を行う。

[磁気テープ装置スペック]

スタート時間+ストップ時間: 2秒

ドライブ側転送速度: 3MB/s

この磁気テープ装置では、3MB/s × 2秒 = 6MBのバッファを搭載すると、ホスト側データ転送速度によらずスループット限界値を得ることができる。

図2(a)はバッファサイズ毎のスループットを示している。図2(b)はスループット限界値を1とした時のバッファサイズ毎のスループットを示している。バッファサイズが5MBのとき、スループットは最大1%劣化、バッファサイズが4MBのとき、スループットは最大4%劣化するという結果が得られ、バッファサイズを小さくしていても、性能が劣化していく割合が小さいことが分かる。

5. おわりに

磁気テープ装置のバッファサイズと性能の関係を解析/評価した。その結果、バッファが(ドライブ側転送速度) × (テープスタート時間とストップ時間の和) だけの容量を持つとき、最大のスループットを得ることができることを明らかにした。さらに、スループット限界値を得ることができるバッファサイズに対して、搭載するバッファサイズを削減していても、それほど性能は劣化していかないことを明らかにした。

参考文献

[1] SCSI Small Computer System Interface 日本語訳: 日本規格協会

[2] 山本他「連続転送方式に基づくカートリッジ型MTの先読み/まとめ書きスケ

ジューリング・アルゴリ

ズムとその性能解析」:

情報処理学会論文誌

Vol.30 No.11 pp.1450~

1460 (1989)

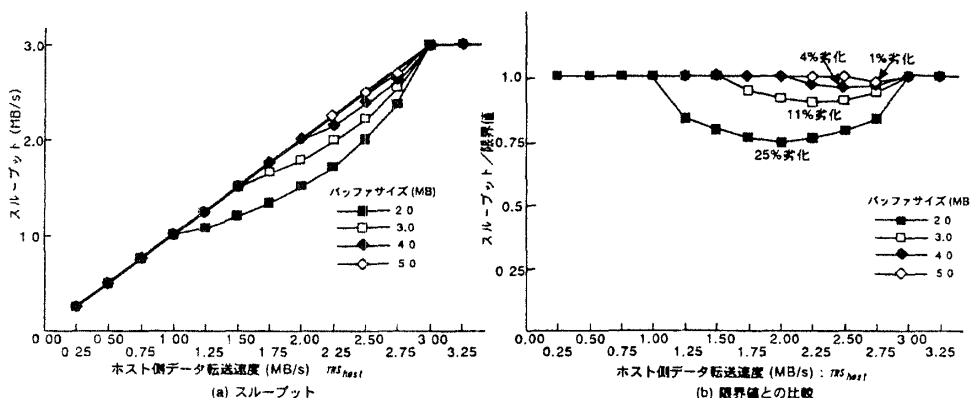


図2 性能解析結果