

3.5 インチ 640MB-MO ドライブの高速キャッシュ開発

Development of High Performance Cache Firmware for 3.5 inch 640MB Magneto-Optical Disk Drive

浦田 滋 宣*

Urata, Shigenobu

The Magneto-Optical (MO) disk drive has been one of the most popular removable storage device in Japan. KONICA corporation has been producing MO disk drive since 1995. The total performance of MO drive may seem not good enough as compared with other storage devices such as zip, CD-R, etc.

The complexity of writing strategy is said as a major reason of the slow write of MO. The new drive control firmware is developed to solve this problem with the new cache algorithm, resulting over 2 times faster at file copy than the operation by conventional firmware.

1 はじめに

最近のパーソナルコンピュータ (PC) の性能の進歩は目覚しく、画像や動画といった大容量データの処理が身近なものとなっている。そしてこれらの PC ユーザーの間では、こういった大量データの保存や交換のためのリムーバブルストレージに対する期待がますます高まっている。

当社オプト事業部では、1995 年の 230MB ドライブを皮切りに、現在にいたるまで 7 機種 of 3.5 インチ MO ドライブを市場に供給している。Fig.1 は、640 MB 4500 rpm モデルの OMD-9060 である。この MO は、リムーバブルストレージの市場では歴史も古く、信頼性も高いため多くのユーザーを獲得している。しかし最近では、他方式のリムーバブルドライブの出現により差別化が難しくなっている。Fig.2 に、各ドライブの特徴の比較を示す。

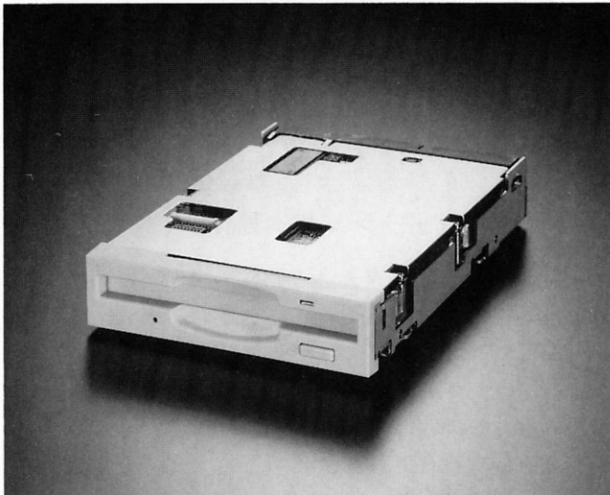


Fig.1 OMD-9060

	MO	Zip	PD	CD-R
Capacity (MB)	640	100	650	680
Media Size (mm)	90	90	120	120
Initial Cost	○	◎	○	▲
Running Cost	○	▲	○	◎
Popularization	◎	▲	▲	◎
Data Transfer Speed	○	◎	▲	▲

◎ Excellent
○ Good
▲ Not so Good

Fig.2 Comparison of Characteristics of Removable devices

今回、MO の原理的に遅い書き込み性能をカバーし、PC から見た動作速度の向上を目指して新ファームウェアを作成した。本ファームウェアでは、キャッシュアルゴリズムを刷新することにより、ファイルコピー速度の飛躍的な向上を得ることができたので、本レポートで紹介する。

2 MO ドライブの書き込み動作

Fig.3 にドライブのシステム内部構成を示す。MO ドライブとホストコンピュータ (HOST PC) とは SCSI バスによって接続され、HOST PC から MO ドライブに対して SCSI コマンドが発行されてメディアへの処理が指示される。ドライブのファームウェアは、SPC を通し SCSI バスを制御してコマンドを受け取り、そのコマンドの指示にしたがって図中の サーボ ASIC, ODC, ASP, LDD といった各回路を制御することによりメディアとのデータの読みだし・書き込みを行う。

SCSI ライトコマンドに対してファームウェアに要求される処理内容は Fig.4 に示す通りである。以下、処理について説明すると、まず(1)SCSI コマンドを受領する。(2)その内容を吟味し、この例の場合ライトコマンドである

* オプト事業部 オプト開発グループ

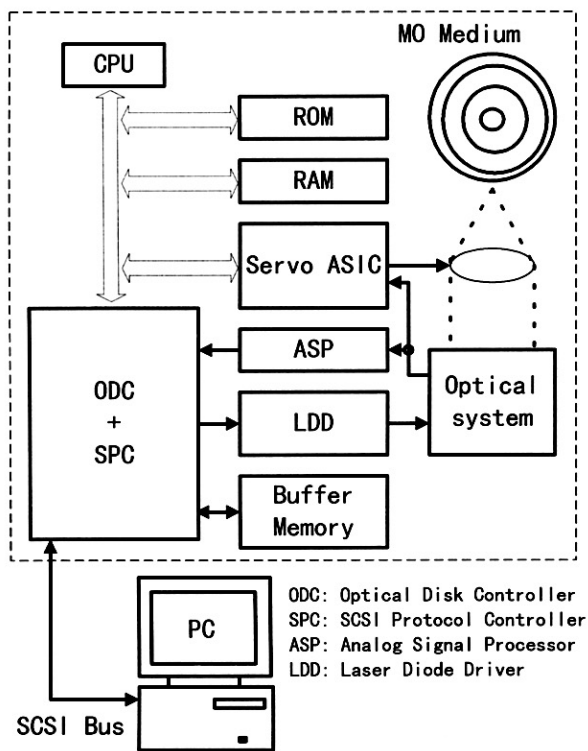


Fig.3 System Configuration

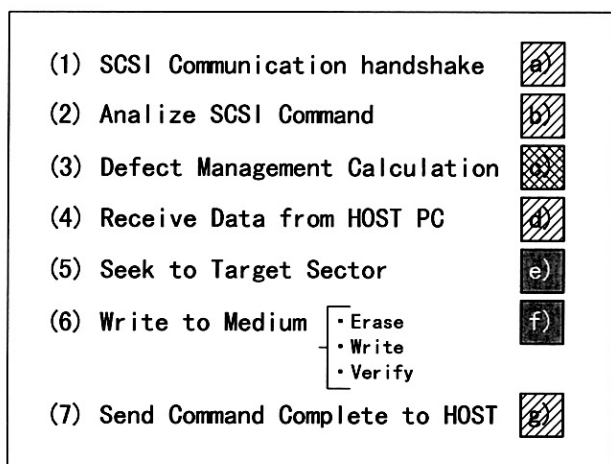


Fig.4 Job Flow of Write Operation

ことがわかる。(3)書き込み位置は論理ブロックで指定されるため、不良セクタ登録情報を参照し、これを実際の物理トラック・セクタ番号に変換する。次いで(5)その処理セクタに向けて光学ヘッドを移動させ、同時に(4)HOST PCから書き込みデータを受領し、バッファメモリに一時的にためておく。MOの場合、メディアへの書き込み動作は「消去・書き込み・確認」の3行程で行われる(6)が、これをODCを操作することで行う。すべての処理が終了すると、(7)HOST PCに対して終了を通知し、本SCSI

ライトコマンドが終了する。

なお、本MOドライブのファームウェアは、Fig.5に示すようにこれらの動作ごとにタスクに分割して構成され、 μ ITRONベースのリアルタイムOSにて協調動作する構造になっている。

MOドライブにおいて、書き込みが遅いとされる要因には以下のものがあげられる。

(a) 原理的に遅いライト

光磁気記録では、「消去・書き込み・確認」の3行程を必要とし、回転待ち時間が3回必要である。

(b) 遅いシーク

HDDに比べ重いレンズ(光学ヘッド)を移動させるため、シーク時間が長い。

(c) 複雑な制御

メディアにかかわる物理条件はISO規格で定められており、効率化のために変更することが不可能である。また、複雑な不良セクタ交替方法を遵守する必要がある。

(d) 非力なコントローラ

ドライブの低価格を維持するために、制御CPUシステムとして比較的非力なものを採用せざるを得ない。

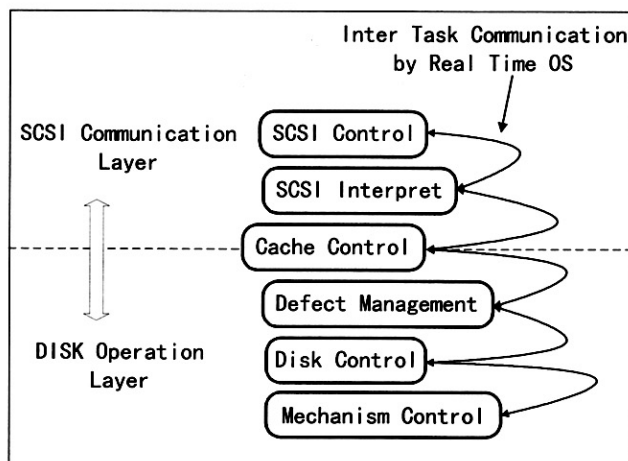


Fig.5 Structure of Firmware

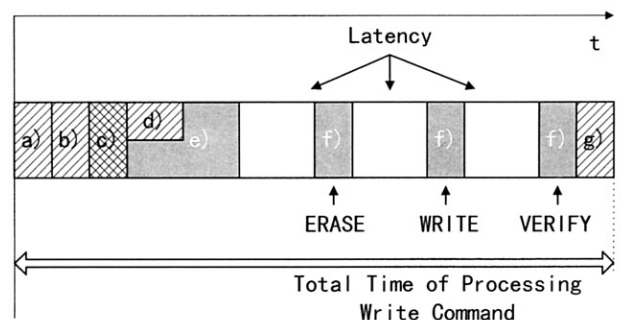
3 ライトキャッシュ基本動作

上記2で説明した書き込み動作のタイムチャートをFig.6(a)に示す。図中a)~g)のタグは、Fig.4で示した処理内容に対応している。タグのない部分が回転待ち時間で、対象セクタがメディアの回転によりヘッド位置に現われるまでの時間である。平均的には回転周期の $\frac{1}{2}$ に相当すると言われており、4500 rpmでは6 msecに相当し、全体の処理時間のうちかなりの比重を占める。

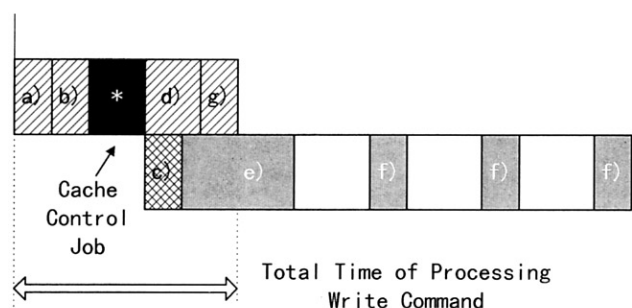
このFig.6(a)の場合が、キャッシュ動作をまったく含まないライト動作である。この場合には、各処理が順次

連係して実行され、HOST PC にとってのコマンド処理時間は個々のすべての処理時間の和となる。また、バッファメモリはコマンド毎の一時的なデータストレージとしてしか機能しない。

本MOドライブシステムでは、メディアに入出力されるデータはすべてバッファメモリを経由する必要がある。そのため、このバッファメモリをキャッシュメモリとしてメディア上の記憶領域の一時的な代替領域とみなすことができる。このような観点から動作を見直した場合、HOST PC に対してはバッファメモリへのデータの受領をもって書き込み終了と見なすことができる。したがって、Fig.6(b)に示すように、ディスク側の処理終了を待たずしてHOST PC に終了通知を発行できることとなり、ライト処理の高速化が行える。代替されたバッファメモリに蓄積されたデータは、時間遅れを伴うが順次メディアに書き込まれて同期化させ、整合性をとるようになっている。以上がライトキャッシュ動作のおおまかな手順である。ライトキャッシュなしの動作との大きな違いとしては、Fig.5で示した各タスクのうち、キャッシュ制御タスクによって、SCSI 通信関連のタスクと、ディスク制御関連のタスクが非同期で動作することがあげられる。



(a) Non cached operation



(b) Write cached operation

Fig.6 Time Flow of each Job

4 キャッシュ動作の応用

3で述べた方法では処理を遅延させているだけである。キャッシュメモリはいずれ書き込み待ちのデータで一杯になり、上記のような高速化の効果が無くなってしまう。そこで、キャッシュメモリの扱いに関し、さらに以下のようなキャッシュアルゴリズムを追加した。(なお、名称は公式なものではない)

(a) バッファオーバーライトキャッシュ

バッファメモリにすでに代替されているディスク領域への再度の書き込みコマンドに対しては、バッファメモリ上で上書きし、時刻の古い書き込みデータは破棄する。メディアへの書き込み処理数そのものを減らせる。

(b) バッファリードキャッシュ

バッファメモリですでに代替されている領域からの読み出しコマンドに対しては、即座にバッファメモリ上のデータを返信する。

(c) ライトマージキャッシュ

バッファメモリに蓄えられたデータをメディアに書き込む際に、連続した領域への書き込みをまとめて処理する。書き込み処理を統合し、ディスク側の処理に伴うシーク時間や回転待ち回数を減らすことができる。

5 キャッシュアルゴリズムの実装

ファームウェアの実際の作成に当たっては、さらに様々な点を考慮する必要がある。上記3および4で述べたキャッシュ処理の核となる部分は、メディア-バッファメモリ間の代替関係を管理し、コマンドで指定される処理をバッファメモリのどこに対して行うかを決定することであるが、たとえば以下のような点を考慮する必要がある。

(a) SCSI コマンドでの処理セクタの指定は、先頭セクタと処理セクタ数というベクター形式で与えられ、また、その処理セクタ数は最小1セクタから最大ではメディア容量(128MB~640MB)となる。そのため、指定されたセクタの一部分のみがバッファメモリに代替されている、などの場合が起こりうる。

(b) 代替情報の検査は、HOST PC から発行される SCSI コマンド毎に行う必要がある。Fig.6(b)のタグ*で示すように、本検査にかかる時間は、直接全体性能に影響するため、高速・高効率な検査方法が求められる。

従来は、ドライブ搭載の非力なコントローラではこのキャッシュ処理に時間を取られるために、全体の高速化には無理が生じると考えられていたが、巧みな実装によりキャッシュの効果を引き出すことができた。また、タスクに分割された構成のため、キャッシュ制御タスクのみの変更でキャッシュ動作の変更が可能であった。

6 結果

本高速キャッシュの搭載前後での、ファイルコピー速度の比較を Fig.7 に示す。PC のファイルアクセス方式によるためいちがいには言えないが、評価基準として用いたサイズ 10k バイトのファイル 1000 個のコピーでは従来比 3.5 倍、サイズ 100k バイトのファイル 100 個のコピーでは従来比 1.8 倍という書き込みコピーの高速化を実現できた。

7 まとめ

本ファームウェア搭載した MO ドライブを PC のファイルのバックアップに用いる場合など、待ち時間の大幅な短縮が実現できる。本手法をさらに発展させ、MO ドライブのさらなる普及に寄与することを次の目標とした。

最後に、当社 MO ドライブに関する様々な情報を以下の WWW ページにて公開している。MO ドライブに関して興味のある方は是非ともご参照ください。

<http://www.konica.co.jp/MO/>

●参考文献

- 1) 瀧北守:「光磁気ディスクドライブの制御ファームウェア」
KONICA TECHNICAL REPORT VOL.9 (1996)
- 2) 村上清貴、宮城信雄、黒釜龍司:「3.5 インチ 640MB 光磁気ディスクドライブの開発」
KONICA TECHNICAL REPORT VOL.10 (1997)

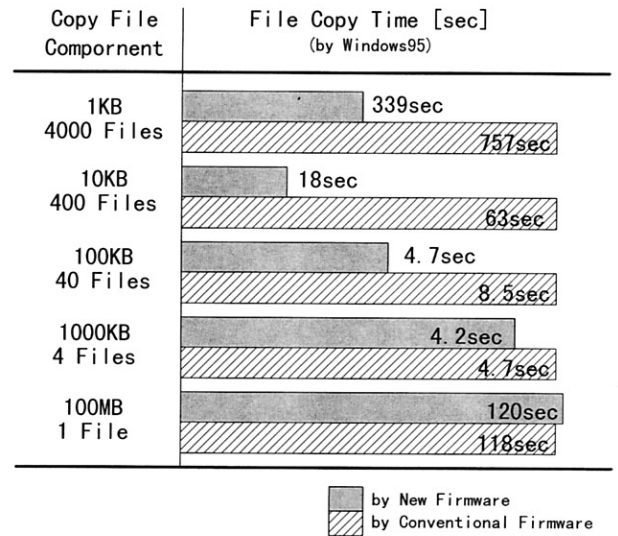


Fig.7 Comparison of File Copy Speed