記憶メディアハンドリング自動化システムの開発*

板生 清** 永山 昭*** 西田安秀*** 細川茂文***

The Development on the Automated Media Handling System

Kiyoshi ITO, Akira NAGAYAMA, Yasuhide NISHIDA and Shigefumi HOSOKAWA

An automated library system has been developed for the complete operator reduction in the large computer systems, adopting the magnetic tape cassette system capable of high speed information transfer and high density recording. The media handling unit, the main part in this system, has the following technical features: (1) Highly reliable handling by means of wearless cartridge mounting and digital-controlled cartridge transport with dual mechanisms. (2) Motion control for earthquake protection and autonomous motion judging from the circumstance change. (3) Automatic maintenance with cleaning tapes and accident prediction with a statistical information of component wear.

Key words : mass storage system, magnetic tape, automatic handling unit, automatic maintenance, digital-controlled mechanism, earthquake protection mechanism

1. 緒 言

コンピュータ室の無人運転を実現するうえで、磁気テープ、光ディスクなどの記憶メディアの管理・移送・装着の自動化が大きな課題となっている。現在は、人間が事前準備を整えたりうでの夜間無人運転までは可能となっているが、昼間も含めた完全無人運転は実現していない。完全無人運転を実現するには、従来、人間に全面的に依存していた、(1) 各種のオンライン・オフライン業務を遂行するための必要情報と記憶メディアとの対応およびジョブスケジューリング作業、(2) 計算機上での情報処理に必要な記憶メディアの移送・装着・収納作業、(3) 地震・障害などの環境変化に対応するための状況判断・動作、などを全自動化する必要がある。

記憶機構、記憶メディアハンドリングユニットおよび収納庫から成るこの種記憶メディアハンドリング自動化システム（自動化システム）として、記憶機構が磁気テープ方式の 7110 ATL¹⁾、IBM 3850 MSS²⁾ と光ディスク方式の HIFILE³⁾ などがある。しかし、情報転送速度、信頼性、経済性、耐震性などに難がある。

本自動化システムは、高速情報転送能力のある新磁気テープを導入して、その管理とハンドリングの完全

無人化を実現するもので、地震などの環境変化に対しても自律的に対応できる。

2. 方式構成

2.1 コンピュータ無人運転への課題

コンピュータ無人運転システムの構成をソフトウェアとハードウェアの両面から考察する。表 1 はソフトウェアに関する部分で、コンピュータシステムの自動運転に必要な項目と、処理に必要な項目に大別した。特に後者は、表 1 の下段に示すように、ジョブのスケジュール、ファイル管理、エラーロギングなどの基本ソフトと入出力装置を効率良く使うためのソフト (SPOOL) が必要である。

一方、遠隔制御用コンソール、コンピュータ、周辺

Table 1 Software support for automated computer system

Control	Automated function
System control	System start/stop
	Power control
	Emergency stop
	I/O channel route control
	Automated diagnosis (Remote diagnosis)
Processing control	Job schedule (including I/O unit assignment)
	File management
	Error logging
	Job restart
	SPOOL (available conventionally)

* 原稿受付 昭和 61 年 7 月 31 日、昭和 60 年度精機学会秋季大会学術講演会（昭和 60 年 10 月 14 日）にて発表

** 正 会 員 日本電信電話(株)（武蔵野市緑町 3-9-11）

*** 日本電信電話(株)

Fig. 1 Hardware structure for automated computer system

装置などから構成される図1のようなハードウェアにおいては、特に周辺装置部分での磁気テープ等の記憶メディアの自動ハンドリングが重要である。

2.2 自動化システムのシステム設計

従来のコンピュータシステムの記憶・処理形態は、図2に示すように、磁気テープと磁気ディスクがほぼ対等に協同作業するものであり、磁気テープには、高速の起動・停止(1ms以内)、頻繁なかけ換えが要求されていた。このため、真空コラムつきの大形の磁気テープ駆動機構、ベース厚の大きな強じんな磁気テ

ープが必要であり、磁気テープは1巻当たりの重量が約1kgと重いうえに記憶容量も小さく、装置は大形・複雑なものとなった。

現状の問題点を解決するため、本自動化システムでは、図2の右部のような設計を行った。すなわち、高速起動・停止のジョブ(オンライン送信情報の取得、バッチ処理)を、1ビット記憶当たりの単価が急激に低下した磁気ディスクに肩代わりさせ、磁気テープは磁気ディスクのバックアップに徹するように専用化させている。このため、磁気テープに求められるのは、連続走行(ストリーミングモード)でよく、テープの薄層化によって容量当たりの重量は1/5以下に軽量化できる。また、磁気テープの頻繁なかけ換えも不要になり、ハンドリ

ング時間にも余裕ができ、その分を高信頼化・低価格化にまわすことができる。

3. 自動化システムのシステム設計

3.1 設計方針

ハンドリングの自動化を実現するうえでのソフト・ハードの設計方針を以下のように定めた。

- (1) 記憶メディアの管理はホストコンピュータのオペレーティングシステムで行う。
- (2) システムの高信頼化のために二重化構成をと

Fig. 2 Concept for automated file handling

Fig. 3 System block diagram

る。

- (3) 移送, 収納等の運動制御を自動化システム側で行う。
- (4) 地震・障害等の環境変化に対して, 機構破損が最小になるような動作を自律的に自動化システム側で行う。
- (5) ヘッドクリーニング動作などの自動メンテナンスを自動化システム側で行う。
- (6) 記憶メディア収容能力の拡張が可能なシステム構成をとる。

角形の磁気テープカセット(カセット)を記憶メディアとして用いるハードウェアを図3に示すように, コントローラ, 磁気テープユニット, テープハンドリングユニット(ロボット)および収納庫で構成した。

3.2 機構設計

機構部は図4に示すように, カセットを取出し・収納するロボット機構とカセットを保管する収納庫から構成した。対向する壁面形式の収納庫内の収納セルには, 3次元の番地を割り当てている。

3.2.1 ロボット機構

ロボット機構は, メカニカルハンド, これを収納セル方向に選択するマウント機構, マウント機構を水平方向及び垂直方向に駆動する移送機構から成る。

1) 移送機構

ローラで下部レール上にガイドされた3次元の番地

選択を行う移送機構は, このレール側面に設けたラックにモータ軸に直結されたプラスチック歯車をかみ合わせて, 水平方向(X方向)に移送する。この水平移送機構のベース部に設置されたモータによりワイヤロープを介してマウント機構を垂直方向(Y方向)に移送する。さらにメカニカルハンドを搭載したマウント機構の回転によりカセットを収納セル方向(Z方向)に移送する。各方向の位置決め精度は, カセットの非接触マウント/デマウントを実現するために割り振った許容位置誤差0.1mmを目標に設計した。

2) メカニカルハンド

メカニカルハンドは, 図5のように上, 下から挟み込む形式で, 収納セル前面のストッパを乗り越えてカセットを収納するため, 下ハンド操作形とした。また停電時の安全性を確保するため, ハンドの把握力はばねで, 開力はモータで与える方式とした。収納時のカセットと収納セルの接触を避け, かつ, カセット収納効率を向上させるため, カセットを傾斜面に滑らせてメカニカルハンドの中心部に位置づける図のような把持位置誤差リセット用スライディングガイドを設けた。把持位置誤差の修正は収納動作の直前に実行する。

3.2.2 収納庫

装置設置床の平面度が移送機構の案内レールや収納セルの組立精度に及ぼす影響を除去するため, 収納庫は, マッチ箱形のハニカムフレームをゴムダンパを介してロッカフレームに取り付ける箱形宙づり構造とした。この構造の採用による地震時の振動が問題となる。

Fig. 4 Tape handling mechanism

Fig. 5 Structure of mechanical hand

Fig. 6 Analytical model of seismic response

そこでハニカムフレーム、角形パイプのロッカフレーム、ゴムダンパなどの構造パラメータが収納庫の固有振動数と加速度応答倍率に及ぼす影響を解析した。図6に示す解析モデル（ビーム要素129，シェル要素49，接点数333，総自由度1400）と振動解析プログラムSTRAPを用い，収納庫の固有振動数を地震の卓越周波数の2倍以上，地震波シミュレーションによるハニカムフレーム天井の加速度応答倍率を，図7のように，2.5倍以下に抑える設計とした。

3.3 ロボット機構制御の設計

1) 二重化制御

システムの高信頼化のため，2台のロボット機構を設置する。1台は予備機である。予備機への切換え契機は，①モータ駆動回路，マイクロプロセッサに障害が発生したとき，②連続使用回数が規定値を越えたとき，等である。切換え時のロボットの状態に応じた切換え方法と切換え時間を設計した。

2) ロボット機構の運動制御

駆動回路の小形・経済化を図るため，ロボットの移送制御はデジタル的に行った。図8にブロック図を

(a) Floor response

(b) Honeycomb frame response

Fig. 7 Analytical example of seismic response ("TAFT" wave)

Fig. 8 THU control block diagram

示す。インタフェース制御，ロボット機構運動制御等の多様な処理を高速・経済的に行うためマルチプロセッサ方式を採用した。マイクロプロセッサAはインタフェース制御を主として行う。また，マイクロプロセッサBは移送機構のX，Y番地制御，マウント機構の回転制御，下ハンドの開閉制御を行う。駆動速度の制御としては，移動距離に応じて生成する基準速度パターンに追従させる方法を用いた。駆動速度の検出には，光電式ロータリエンコーダ信号とモータ駆動電流からマイクロプロセッサにより演算・推定するオブザーバを採用し，速度信号の検出精度の向上とハードの削減を図った。また，基準速度パターンは以下の交換時間の設計に基づいて決定した。ロボットの動作要素は，①

データ書き込み済みカセットを磁気テープ装置 (MTU) 1 から取り出し収納セル 1 に移送する, ② 次にデータ書き込みすべきカセットをそのカセットを収納している収納セル 2 へ取りに行く, ③ 収納セル 2 からカセットを取り出し, MTU 1 に移送する, ④ MTU 2 に新たにデータ書き込み済みとなったカセットを取りに行く, である. ①～④ には移送 4 回, マウント/デマウント各 2 回が含まれており, これらに要する時間の総和を交換時間と定義する. 本自動化システムでは平均交換時間の所要値は, MTU におけるカセットへのデータ書き込み/読出し, ロード/アンロード, リワインドに要する時間内に休みなくカセットを供給し得る条件から, 20 s 以内と設定した. X 方向最大移送距離 7 m に対し, 近似確率計算により各動作要素ごとに平均移送距離を計算し, 所要の加速度を設計した. マウント機

構の予備試作結果によると, マウント時間は, ハンド開閉時間, 前進後退時間を含めて最大 2 s, デマウント時間は最大 2.25 s で実現できることが分かったので, これらの動作時間を設計値とした. さらに位置決め制御に関しては積分補償状態レギュレータ (LQI) 法⁴⁾を用いて位置決め精度の向上を図った.

3) 地震時の制御

マウント動作時, ハンドは収納セル内に挿入されるので, 地震によってハンド, カセット, 収納セルが損傷するのを防止する必要がある. そこで以下の手順からなる新しい耐震制御法を設計した. ① 地震加速度によって, 移送機構の停止位置ずれが許容値を越えた時, もしくはハンドが許容値を越えてマウント機構から飛び出した時, 通常より大きな駆動力で, ハンドを引き込める. ② ハンドをマウント機構に引き込んだ後, Y

(a) Automated tape memory system

(b) Tape handling mechanism

Fig. 9

モータにダイナミックブレーキをかけつつ、マウント機構を最下段の安全地帯へ落下させる。③ X 方向位置ずれを監視し、位置ずれが許容値内に収まった時、動作再開可能を上位装置に報告する。この方式はハード面では移送機構の剛性を高めることなしに、メカニカルハンド内の直進モータの高トルク化のみで対処できる。

4) 自動メンテナンスとエラー回復処理

従来、磁気テープユニットのヘッドは毎朝人手でクリーニングしていたところを、本装置では、クリーニング用カセットを収容し、これを保守試験プログラムから起動させ定期的に自動クリーニングを行わせる。また、磁気テープ・ヘッド摩耗などの劣化の尺度となる統計情報をホスト側で収集・解析し、事前保守を可能とする設計とした。すなわち、劣化の尺度にエラー再試行の平均発生頻度を採用し、磁気テープ・ヘッドごとに分別管理することにより、磁気テープとヘッドの劣化の切り分けを可能とした。

4. 試作自動化システムの動作

試作した自動化システムを図9(a)に、移送機構、マウント機構より成るロボット機構を図9(b)に示す。

1) 動特性

架構成を最大にして、 X 、 Y 方向移送距離をパラメータに動作要素の①から④までの移送時間を実測した結果、平均値は約11sであった。また、図10は X 、 Y 方向移送距離を4つの動作要素のなかでの最大移送距離にはほぼ等しい4.1mと1mに設定したときの起動停止特性である。

周囲温度を10~35°Cまで変動させたマウント・デマウント時間の実測値は、それぞれ、1.5~2.0s、1.7~2.05sであった。以上の実測結果から平均交換時間は20s以内に収まることを確認した。

2) 切換え時間と自動メンテナンス機能

2台の移送機構の切換え時間は設計通りの60s以下であることを確認した。

また、自動ヘッドクリーニング機能、磁気テープヘッド摩耗のオンライン事前診断機能を確認した。

3) 地震時の挙動

幅7m、奥行1m、高さ1.8m、重量約3tの試作機を加振台に設置し、共振特性試験、正弦波耐震特性試験、実地震波耐震特性試験の3種の試験を実施した。震度階IVからVIIに至るまでの加速度範囲で、総計41回の模擬地震を印加したが、収納セルからのカセット落下は全く発生しなかった。また、前節の3.3-3)で

Fig. 10 Cassette transport velocity

述べた耐震制御が実際に確認できた。

5. 結 論

自動化システムの方式構成を検討し、トータルシステムのソフト/ハード分担、さらにはハード内の可換媒体(磁気テープ)装置/非可換媒体(磁気ディスク)装置の役割分担を最適化し、要求される自動化システムの仕様を明確化した。これに基づき、自動化システムを試作し、コンピュータと接続して動特性を測定し、所期の評価を得たので、今後のシステムに大幅に導入できる見通しを得た。

以上をまとめると、

- (1) ロボットの二重化と異常動作対策を施し、システムダウン率をコンピュータシステムの要求値以下に高信頼化したシステムを実現した。
- (2) 地震などの外部環境変化に応じて退避、自律回復などの判断機能をもつシステムを実現した。
- (3) 磁気ヘッドクリーニングなどの自動メンテナンス機能および部品劣化の統計情報に基づく故障予知機能をもつシステムを実現した。

参 考 文 献

- 1) Auerbach Publishers Inc.: 7110 Automated Tape Library, Peripherals-vender U. S., (1978) 2.
- 2) J. P. Harris et al.: The IBM 3850 Mass Storage System: Design Aspects, Proc. IEEE, **63**, 8, (1975) 1171.
- 3) Y. Tsunoda: Development of Ablative Optical Storage Devices, Tech. Digest of Conf. on Lasers and Electro-Optics 1982, WN-1, (1982) 48.
- 4) D. M. Auslander et al.: Direct Digital Process Control - Practice and Algorithms for Microprocessor Application, Proc. IEEE, **66**, 2, (1978) 204.