

■8 群 (情報入出力・記録装置と電源) - 2 編 (情報ストレージ)

1 章 全体動向

(執筆者: 山本 彰) [2011 年 1 月 受領]

■概要■

全体動向は、現在の主な情報ストレージである、ハードディスクドライブ、光ディスク、磁気テープ、フラッシュメモリそれぞれの技術の概要について説明する。また、企業情報システムで広く用いられているストレージサブシステムとして、千台規模のハードディスクドライブをコンポーメントにした RAID (Redundant Arrays of Inexpensive Disks) システムの概要を説明する。

更に、以下の 4 分野における情報ストレージ主な用途を紹介する。(1)サーバ (企業情報システム)、(2)PC、(3)AV、(4)可搬媒体。

【本章の構成】

本章では、情報ストレージの全体動向について述べる。

■8群-2編-1章

1章 全体動向

(執筆者：藤本和久) [2009年3月 受領]

情報ストレージとは、電子情報を記録、長期間保存する情報記憶デバイスやシステムであり、情報を記録する媒体によって数種類のデバイス、システムがある。古くは、紙に穴をあけて‘0’、‘1’を記録する穿孔テープやパンチカードが初期のコンピュータの外部記憶システムとして用いられていた。現在では、磁気ディスク（ハードディスクドライブ）、光ディスク、フラッシュメモリ、磁気テープといった情報記憶デバイスが主流であり、コンピュータのみならず AV 機器などのデジタル家電製品、携帯情報端末など様々な製品に搭載されている。また近年、企業が扱う情報がその企業の持続性の維持・向上を左右する、非常に価値あるものになってきており、企業情報を保存する非常に高信頼の情報記憶システムが求められている。このため、現在では、複数のハードディスクドライブを搭載しデータの並列読み書きと冗長記録により性能と信頼性を向上させたストレージサブシステム（RAID システムとも呼ばれる）が、企業情報を保存する情報記憶システムとして広く普及している。

これら情報記憶デバイスシステムの最近の状況を概観すると、ハードディスクドライブは、ハイエンド向けの高性能・高信頼ドライブと、コンシューマ向けや低価格・大容量ストレージサブシステム向けの低価格・大容量ドライブに大別され、現在はそれぞれ最大で容量 450 GB、1.5 TB の 3.5 インチ型ドライブが製品化されている。4~5 年前に垂直磁気記録が実用化され、その記録密度は年率 40~50 % 程度で増加している。

光ディスクは、ビデオや音楽 CD/DVD のように予め情報が記録されたディスクと、ユーザが情報を記録可能なディスクに大別される。2~3 年前までは赤色半導体レーザを使った片面 4.7 GB の直径 12 cm の光ディスクが主流であったが、最近では青紫色半導体レーザを使用した片面 25 GB / 50 GB の 12 cm ディスクが“Blu-ray Disc”として AV 機器に搭載され普及している。

フラッシュメモリは、大容量化に向く NAND 型のメモリにおいて、メモリセル微細化や多値化の技術進展により、ここ 4~5 年の間に年率約 100 % で大容量化が進み、現在 32 Gbit のメモリチップが製品化されている。このため、携帯型 AV 機器や携帯情報端末などが必要とする GB オーダの容量では、その価格がハードディスクドライブを下回っている。また、SSD（ソリッドステートディスク）と呼ばれる、ハードディスクドライブのフォームファクタ 3.5 インチ型や 2.5 インチ型と同じ筐体にフラッシュメモリを実装し同一のインタフェースを備えた製品の価格がハイエンド向けハードディスクドライブに迫る勢いである。

磁気テープは、AV 用とコンピュータ用に大別されるが、前者は光ディスクやフラッシュメモリにほぼ置き換わっている。後者は LTO（Linear Tape-Open）というオープン規格が主流で、現在、最大で容量 800 GB のテープカートリッジが製品化されている。

RAID システムは、ハイエンド向け高性能・高信頼ドライブを搭載した高性能 RAID システムと、低価格・大容量ドライブを搭載した低価格・大容量 RAID システムに大別され、コンピュータの外付け情報記憶システムとして、パーソナルコンピュータ（PC）向けの TB（テラバイト）オーダの容量から、大規模サーバに接続される PB（ペタバイト）オーダの容量のシステムが普及している。

情報記憶デバイスシステムは、その性能とコストによって適用場所が棲み分けられてきた。適用場所の拡大を目指し、性能向上や大容量化による容量当たりの価格（ビットコスト）低減のための技術開発が繰り返され現在に至っている。現在の各情報記憶デバイスのビットコストを比較すると、高い方から、フラッシュメモリ、ハードディスクドライブ、光ディスク、磁気テープの順である。性能もいくつかの指標において多少の違いはあるものの、概してこの順序である。また、RAID システムのビットコストは、ベースとなるハードディスクドライブの1桁以上高くなる。

現在の適用場所は、(1)サーバ、(2)PC、(3)AV 機器などのデジタル家電製品や携帯情報端末、(4)音楽、写真、ビデオ、ソフトウェアや電子化書類などの供給／交換に用いる可搬記憶媒体に大別される。以下、これらの適用場所の棲み分けの現状と今後の動向について概観する。

(1) サーバ

サーバでは現在、ハードディスクドライブ、SSD、磁気テープ、RAID システムが利用されている。ハードディスクドライブは、OS、アプリケーション、ユーザデータなどを保存する1次記憶デバイスとして利用され、ハイエンド向け3.5インチ型ドライブが広く普及している。最近では小型化とそれによる高性能化・低電力化を狙ってフォームファクタが2.5インチ型に移行しつつあり、今後はハイエンド向け2.5インチ型ドライブが普及していくであろう。

SSDは、近年のビットコストの急激な低下により1次記憶デバイスとして最近搭載され始めた。フラッシュメモリは書換え回数制限があるなど、信頼性上の欠点があるが、ハードディスクドライブに比べ1~2桁高いI/O性能や低消費電力という特長から、ハイエンドでの使用に耐えるよう信頼性を向上したSSDがサーバ向けに製品化されている。今後のビットコスト低下の如何ではかなりの割合がSSDに置き換わる可能性もあるが、書換え回数制限などの問題を考えると、しばらくは両者が共存していくであろう。

RAIDシステムは、単体サーバだけでなく複数台のサーバの情報を1か所に集中して保存する集中記憶システムとして普及している。サーバから直接、頻繁にアクセスされる情報の保存には高性能RAIDシステム、アクセス頻度の低い情報やバックアップアーカイブ情報の保存には低価格・大容量RAIDシステムが普及している。高性能RAIDシステムでは最近、オンライントランザクション処理など、非常に高いI/O性能が要求される用途向けに、ハードディスクドライブに代えSSDが搭載され始めた。SSDの低価格化にとまない搭載が進むと考えられる。

一方、近年、情報量の急増によりRAIDシステムの規模拡大が必要となり、それによるコスト増大が問題になっている。その抑制のため、高性能RAIDシステムと低価格・大容量RAIDシステムを階層化した階層ストレージシステムが普及している。階層ストレージシステムでは、データ利用の統計的傾向を利用して常時アクセスが必要な小容量の情報のみを前者に格納し、アクセス頻度が少ない大半の情報は後者に格納することにより、高価格の高性能RAIDシステムの容量増を抑えてシステム全体のコスト増を抑制できる。

磁気テープは、情報のバックアップアーカイブ用途として利用されてきた。情報記憶デバイスの中で最もビットコストが低いため、すべてがほかの情報記憶デバイスに置き換わるこ

とはないといえる。しかしながら、近年、信頼性の低さやメンテナンス性の悪さが顕著になり、高信頼性や管理コスト低減が求められる用途では、低価格・大容量 RAID システムに置き換えられ始めている。低消費電力の点で磁気テープが有利であったが、アクセスのないときにディスクの回転を止めて消費電力を低減する MAID (Massive Arrays of Idle Disks) と呼ばれる技術を使った製品が普及してきており、大容量ドライブのビットコスト低下と相まって置き換えが更に進むと考えられる。したがって、磁気テープの適用場所はかなり限られていくであろう。

(2) PC

PC で現在利用されているのは、ハードディスクドライブ、光ディスク、SSD、RAID システムである。ハードディスクドライブは 1 次記憶デバイスとして広く普及している。デスクトップ PC 向けには低価格・大容量 3.5 インチ型ドライブが普及しており、磁気テープに次ぐ低いビットコストで、今後もデスクトップ PC に利用されていくであろう。ノート PC 向けには、2.5 インチ型/1.8 インチ型の低価格・大容量ドライブが普及している。

光ディスクは、情報のバックアップやアーカイブ用途と、後でも述べるが、ソフトウェアなどの配布用の可搬記憶媒体として普及しており、今後も利用されていくであろう。

SSD は、近年ノート PC に必要な容量数十 GB の製品が 2.5 インチ型/1.8 インチ型ドライブと同程度の価格で提供されるようになってきたため、ノート PC のバッテリー持続時間向上に寄与する低消費電力という特長とも相まって、ノート PC の 1 次記憶デバイスとして最近普及し始めた。今後のビットコスト低下の如何では、2.5 インチ型/1.8 インチ型ドライブをほとんど置き換える可能性もある。

RAID システムは、その低価格化と近年の情報量増大にともない、主にバックアップやアーカイブ用途として利用され始め、今後徐々に普及していくと考えられる。

(3) AV 機器などのデジタル家電製品や携帯情報端末

AV 機器などのデジタル家電製品や携帯情報端末では、従来から光ディスクやハードディスクドライブが利用されており、近年ではフラッシュメモリも利用され始めた。光ディスクはビデオレコーダを始めとする AV 機器向けに広く普及している。長期保存に向く点から、写真や映像のアーカイブ用途として利用され続けていくと考えられる。

ハードディスクドライブは、2.5 インチ型以下のドライブが約 10 年前に携帯音楽端末に搭載されたのを皮切りに AV 機器向けに普及した。今後は低価格・大容量 3.5 インチ型ドライブが、高精細動画の保存で大容量が必要なビデオレコーダ向けに光ディスクと共存していくであろう。

フラッシュメモリは、GB オーダの容量における価格がほかの情報記憶デバイス以下になったことで携帯型音楽端末、携帯情報端末に普及し、最近ではビデオカムコーダなどにも普及しつつある。これらの機器では、機械的可動部がなく扱いやすい点や低消費電力も重要な要素であり、低価格化とともにほかの適用場所より急速に普及が進むと考えられる。

(4) 可搬記憶媒体

可搬記憶媒体では、光ディスクが大半を占めていたが、近年フラッシュメモリも利用され

始めた。予め情報が記録されている光ディスクは工場で大量生産でき安価であるため、音楽、ビデオ、ソフトウェアなどの配布媒体として広く普及している。記録情報の改竄防止が可能なROMやライトワンス媒体もあり、今後も利用され続けるであろう。

フラッシュメモリは、近年それを使った数GBの容量のUSBメモリやSDメモ리카ードが数千円以下で提供されるようになり、その扱いやすさから可搬記憶媒体として広まり始めている。今後は、光ディスクと共存していくと考えられる。

以上述べた各種情報記憶デバイスシステムの適用場所の棲み分けは、今後も大きな変化はないと考えられる。しかしながら、数年先以降の実用化を目指し研究開発が進められている情報記憶デバイスの中には、上記棲み分けに影響を及ぼす可能性のある候補が幾つかある。その一つはPRAMやスピン注入MRAMなどの不揮発性メモリで、フラッシュメモリに続く大容量情報記憶デバイスの座を目指して研究開発されている。そのほかに、ディスク1枚で数百GB~TBオーダーの容量を提供可能な次世代の光ディスクとして、ホログラフィック記録技術を利用するHolographic Versatile Disc (HVD)がある。HVDが製品化されるとアーカイブやバックアップ用途として、磁気テープを置き換えていく可能性もある。

本編では、大量の電子情報の長期保存が可能な大容量・不揮発の情報記憶デバイスシステムとして、今後の主流であると考えられるハードディスクドライブ、光ディスク、フラッシュメモリ、及びストレージサブシステムに関して、その技術と動向をまとめる。