

瓦記録技術を適用した大容量かつ高性能な 監視カメラ用3.5型HDD

Large-Capacity, High-Performance 3.5-inch HDDs for Surveillance Camera Systems Applying SMR Technologies

倉兼 紘 KURAKANE Hiroshi 青木 隆雄 AOKI Takao

監視カメラ市場の拡大に伴って、監視用デジタルビデオレコーダーや監視用ネットワークビデオレコーダーで使用される大容量かつ高性能な監視カメラ用HDD（ハードディスクドライブ）の需要が増大している。

東芝デバイス&ストレージ(株)は、瓦記録(SMR: Shingled Magnetic Recording)技術を適用した監視カメラ用3.5型HDD DT02-VHシリーズを製品化した。磁気ディスク1枚当たり2T(テラ: 10^{12})バイトの大容量化及び多数のカメラから同時に送られてくる動画データを効率的に記録するために、メディアキャッシュ(MC)を経由せずSMR領域に直接記録する処理を最適化すること、並びにデータサイズが小さいシステムデータを直接記録するCMR(Conventional Magnetic Recording)領域を設けることで、最大64台のカメラを接続できる高性能化を実現している。

Accompanying the ongoing expansion of the surveillance camera market, strong demand has arisen in recent years for large-capacity, high-performance hard disk drives (HDDs) for surveillance camera systems including surveillance digital video recorders and surveillance network video recorders.

In response to this market demand, Toshiba Electronic Devices & Storage Corporation has released the DT02-VH series of 3.5-inch shingled magnetic recording (SMR) HDDs for surveillance camera systems. The DT02-VH series offers the following features: (1) a large storage capacity of 2 Tbytes/platter and (2) high-performance capability that makes it possible to connect up to 64 cameras through direct recording of video data simultaneously sent from multiple cameras to the SMR area on the disk without using a media cache, in addition to a conventional magnetic recording (CMR) area provided on the disk to directly record system data having a small data size.

1. まえがき

動画データの高分解像度化やAIによる画像処理技術の発達で、監視カメラシステムは日常生活と密接に関わるようになっており、中国を中心として監視カメラの市場は拡大を続けている。監視カメラの高分解像度化によるデータ量の増大、及び多台数の監視カメラデータを同時に録画する需要の高まりにより、監視用デジタルビデオレコーダー(DVR)や監視用ネットワークビデオレコーダー(NVR)で使用されるHDDの大容量化が求められている。

こうした背景の中、今回、東芝デバイス&ストレージ(株)は、SMR技術を適用した監視カメラ用3.5型HDD DT02-VHシリーズを開発した。DT02-VHシリーズでは、多数のカメラから同時に送られてくる動画データを効率的に記録するために、MCを経由せずSMR領域に直接記録する処理を最適化した。更に、サイズが小さいシステムデータを直接記録するCMR領域を配置することで、ハイエンド監視カメラシステムに要求される最大64カメラ接続が可能な性能と大容量記録をSMRで実現した。

ここでは、SMR方式で監視カメラ用としての性能を実現す

るための課題と、これを克服して開発したDT02-VHシリーズに適用した技術について述べる。

2. 監視カメラ用SMR HDDの課題

2.1 ファームウェア(FW)仕様

DVRやNVRといった監視カメラシステムは既存のファイルシステムで設計されているため、システム側は、監視カメラ用HDDが既存のHDDコマンドで動作することを前提としている。更に、CMR HDDから大容量のSMR HDDへの置き換え需要に既存システムのHDDが対応するには、ドライブマネージド(DM: Drive Managed)仕様のFWタイプを採用する必要がある。

DM仕様では、ホストシステムから送られたデータは、HDDの内部動作によって磁気ディスク上に設けられたMCに一時記録される。MCの空き容量が減ってくると、データはMCからバンド(一定本数のトラックをまとめて重ね書きする領域)へ移される(図1)。DM仕様は長時間連続稼働してMCの空き容量が少なくなると、MCからバンドへデータを移動させる頻度が高くなり、ランダムライト性能が低下するため、その抑制策が課題となる⁽¹⁾。

2.2 監視カメラシステムのストレージ利用方法

監視カメラシステムは、多数のカメラの映像データを並行して1台のHDD又はRAID (Redundant Arrays of Independent (Inexpensive) Disks) システムに記録する。その一般的な方法は、次のとおりである。LBA (論理ブロックアドレス) を数百Mバイトから1Gバイトの領域(クラスター)に区切り、管理単位とする。一つのクラスターを一つのカメラに割り当て、各クラスターに対応するカメラの映像データを先頭からシーケンシャルに記録する。映像データが一つのクラスターの末尾に到達したら、近傍の未使用クラスターを新たに割り当てる。これを繰り返して、長時間の映像データを記録する(図2)。

監視カメラシステム1台当たりに接続できる最大カメラ台数を増やすことへの要求も高まっており、HDD 1台当たり32～64台のカメラの映像データを同時録画することが求められている。

また、AIによる画像処理技術の発達により、最新の監視カメラシステムは、リアルタイムでカメラの映像データを解析し、検出した人物や車両などを画像データとして保存する機能を持っており、監視カメラ用HDDはデータサイズの大きい映像データとともに、データサイズの小さい多数の画像データを同時記録することも要求されている。

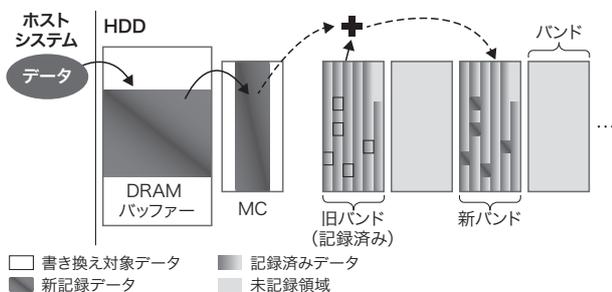


図1. DM仕様のデータ記録動作

MCを活用しながら、データの書き換えが必要なランダムライトなどの内部動作を行う。

Data rewriting procedure in drive-managed SMR (DM-SMR) HDD

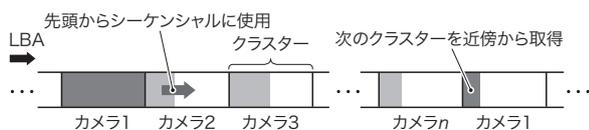


図2. 監視カメラシステムの映像データ配置例

各カメラの映像データは、それぞれ対応するクラスターに先頭から記録される。クラスターは、近傍のものから順次使用される。

Example of video data arrangement in surveillance camera system

3. DT02-VHシリーズの概要

今回開発した監視カメラ用3.5型HDD DT02-VHシリーズの主な仕様を、表1に示す。磁気ディスクの記録層と磁気ヘッドの機能向上による高線記録密度化とSMR方式による高トラック密度化により、従来機種MD04-Vシリーズが磁気ディスク5枚で記憶容量5Tバイト(1Tバイト/枚)だったのに対し、DT02-VHシリーズでは磁気ディスク3枚で記憶容量6Tバイト(2Tバイト/枚)を実現している。FWは、既存のHDDコマンドで動作可能なDM仕様を採用した。監視カメラ用マルチストリーム環境に調整されたFWは、最大64台のカメラ接続が可能な高い性能を実現している。以降では、これらの性能達成のために適用した技術について述べる。

4. DT02-VHシリーズにおける映像データ記録方法

4.1 スペアバンドを用いたSMRとバイパスライト

DT02-VHシリーズのHDDは、SMR方式での記録をバンド単位で行っており、各バンドの間に隣接バンドへの影響を回避するための間隙を設けている。また、複数のバンドをまとめたものをバンドグループと呼ぶ。バンドの容量は、外周側・内周側などの位置によって異なるが、同一バンドグループ内のバンドは全て同容量である。また、各バンドグループには、有効なデータを保持しない作業用のバンド(スペアバンド)が一つ存在する(図3)。

ホストシステムから送られてきたデータは、まずDRAM

表1. 監視カメラ用3.5型HDD DT02-VHシリーズの主な仕様

Main specifications of DT02-VH series 3.5-inch HDDs for surveillance camera systems

項目	仕様	
	DT02ABA600VH	DT02ABA400VH
SMRのFWタイプ	DM	
対応カメラ台数 (台)	最大64	
インターフェース、速度 (Gビット/s)	SATA-3.3, 6	
記憶容量 (Tバイト)	6	4
磁気ディスク枚数 (枚)	3	2
磁気ヘッド数 (本)	6	4
バッファサイズ (Miバイト*)	256	
回転数 (rpm)	5,400	
最大連続データ転送速度 (Miバイト/s)	176.4	
MTTF (h)	1,000,000	
消費電力(アイドル時) (W)	2.81	2.33
外形寸法 (mm)	101.85(幅)×147.0(奥行き)×26.1(高さ)	
質量(最大) (g)	680	640

*Mビ(2²⁰)バイト

MTTF: 平均故障時間 SATA: Serial Advanced Technology Attachment

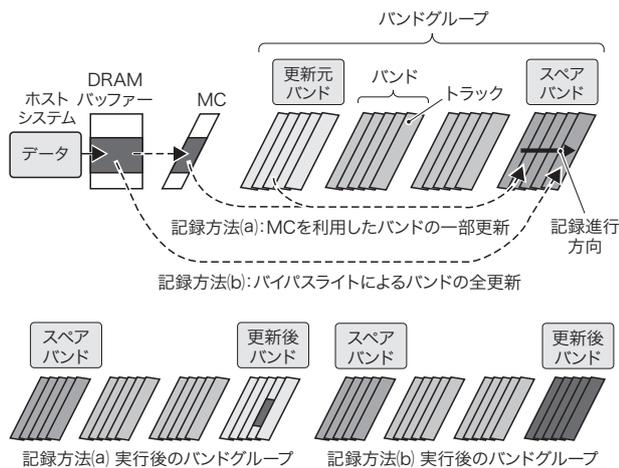


図3. スペアバンドを用いたデータの更新

スペアバンドに新たなデータを記録し、完了後に更新元バンドと入れ替えることで、データの更新を安全に行う。

Data updating operation using spare bands

バッファに保持され、データサイズに応じて次の2通りの方法でスペアバンドに記録される。

記録方法(a) バンドの一部を更新する場合 DRAM バッファ上のデータを、一旦MCに書き込む。その後、このMC上のデータと更新元バンドのデータから作られた新データをスペアバンドに書き込み、新データを有効にするためにスペアバンドと更新元バンドを入れ替えて更新処理を完了する。

記録方法(b) バンドの全データを更新する場合 ホストシステムから大きなシーケンシャルデータが送られてくる場合は、DRAMバッファのデータを直接スペアバンドに書き込む。これを繰り返して、スペアバンドの末尾に到達したらスペアバンドと更新元バンドを入れ替え、新データを有効にする。

記録方法(b)のように、MCを介さずにデータを直接バンドに書き込む処理をバイパスライトといい、バンドの全データの更新など、対象が限定される一方で、最小限の動作によりデータを記録できる点で優れる。監視カメラシステムの映像データは、大部分がシーケンシャルなので、監視カメラ用HDDではできるだけ多くの映像データをバイパスライトで記録することがポイントとなる。

4.2 フリーバンドを用いたバイパスライト

2.2節で述べたとおり、監視カメラシステムでは多数のカメラの映像データが並行して近傍に記録されるため、これらを効率的に処理するには、近傍すなわち同一バンドグループ内で同時に複数のバイパスライトを行う必要がある。4.1節では、バイパスライトの例としてスペアバンドを使った処理に

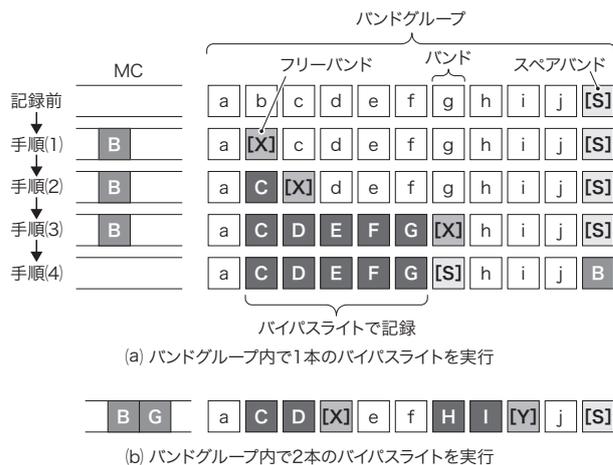


図4. フリーバンドを用いたバンドグループ内のバイパスライト

MCへのデータの書き込みによってフリーバンドを生成し、これを使用したバイパスライトを行う。

Bypass writing operations in band group using free bands

ついて述べたが、この方法では同一バンドグループでのバイパスライトが1本に限定される。このためDT02-VHシリーズでは、スペアバンドの代わりにフリーバンド(保持していたデータが不要になって、別のデータを記録できるようになったバンド)を利用することで、複数のバイパスライトを行えるようにしている(図4)²⁾。

初めに、バンドグループ内で行われるバイパスライトで、そのうちの1本に着目し、その動作について説明する(図4(a))。a~jはそれぞれバンド上に配置された既存のデータ、[S]はスペアバンド、[X]はフリーバンドである。ここでは、このうちbからgまでの連続データを、B~Gで連続的に更新する場合の手順について述べる。

手順(1) BをMCに記録する。Bの記録が完了した時点でbは古いデータとなり、保持の必要がなくなる。そこでbが存在していたバンドを、それぞれフリーバンド[X]としてほかのデータを記録できるようにする。

手順(2) Cを[X]に記録する。これは既存データcを残して行うバイパスライトであり、どこで終了しても既存データを失うことはない。Cの記録が完了したら、cを保持していたバンドを新たな[X]とする。

手順(3) D, E, F, Gを、順次(2)と同様に記録する。

手順(4) MC上のBを[S]に移動させ、[X]を新たな[S]とする。これは同時に[X]を削除することも意味する。

次に、同一バンドグループ内で、複数のバイパスライトを並行して行う場合について説明する(図4(b))。この例では、データB, C, DとG, H, Iを並行して書き込む動作において、B, GのMCへの書き込みにより生成された二つのフリー

バンド[X], [Y]を用いて, C, Hを同時にバイパスライトで記録している。フリーバンドは, 1バンド分のデータをMCに書き込むことで何個でも生成できるので, 3本以上のバイパスライトを並行して行う場合には, 同様に新たなフリーバンドを生成すればよい。また, バイパスライトはバンド単位で行われるが, バンドの大きさは監視カメラシステムのクラスターの大きさとは無関係なので, 実際には映像データのうち先頭・末尾の一部が1バンド分に満たない端数データとなる。端数データは, 4.1節の記録方法(a)で述べた方法などにより, 既存データと合わせてバンドに記録される。

このように, DT02-VHシリーズでは, フリーバンドを用いたバイパスライトによって, 監視カメラシステムの特徴に合わせた映像データの記録を行っている。

5. CMR方式でのシステムデータの記録

監視カメラシステムは, 映像データに付随し, 映像の管理情報や映像解析データなどの情報(以後, システムデータと呼ぶ)も, 同時に記録する。多数の小さなデータから成るシステムデータは, ランダム性が強いいためDM仕様のSMR方式には適さないが, 一方でその量は監視カメラシステムの高機能化に伴い, 増加を続けている。そこでDT02-VHシリーズでは, これらを効率的に記録するためにCMR領域を設け, 監視カメラシステムのシステムデータの位置(固定LBA範囲)に合わせて配置した。

CMR領域では, ランダムデータをそのまま書き込むことが可能であるが, その一方でCMR領域に記録されるシステムデータは, 映像データよりもデータ保証の重要性が高い。このため, 監視カメラシステムはCMR領域のデータ保証を目的に, しばしばHDDに対して未書き込みデータの一括書き込み処理を要求する(Flush Cache, Flush Cache EXTコマンド)。一般にHDDは, 書き込みキャッシュ機能により多数のライトコマンドの未書き込みデータをDRAMバッファ

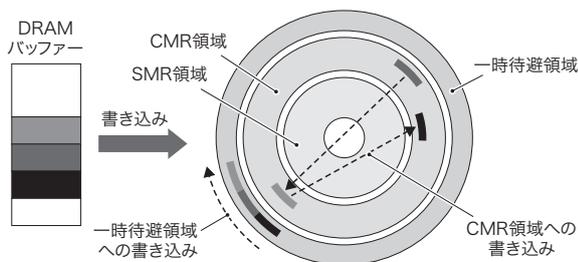


図5. CMR領域と一時待避領域

CMR領域は, システムデータの記録に適する。一括書き込みを高速に行うために, 一時待避領域も設けている。

CMR and temporary saving areas on disk

ファー上に保持していることが多いため, 一括書き込み処理のデータ量も多くなるが, 映像データを安定して記録するためには, この処理も高速に行う必要がある。

一括書き込み要求を受信した場合, HDDは即座に全ての未書き込みデータを磁気ディスクに書き込む。このとき, SMR領域のデータはまとめてMCに書き込むことにより短時間で処理できるが, CMR領域のデータの書き込みは多数のシークと回転待ちを伴うため, 書き込み順の最適化を行ってもその処理時間が長くなる。そこで, CMR領域データの一時待避領域を設け, 一括書き込み要求の受信時にCMR領域のデータをまとめて待避させる(書き込む)ことで, 一括書き込みを高速に行えるようにした(図5)。

6. あとがき

SMR技術を適用した監視カメラ用3.5型HDD DT02-VHシリーズは, 高記録密度化による2Tバイト/枚の大容量と, 監視カメラ用マルチストリーム環境に最適化したFWの採用で, 最大64カメラ接続の高性能の両立を実現した。今後, 4K(3,840×2,160画素)や8K(7,680×4,320画素)対応の監視カメラの普及により動画データ量は増大し, 監視カメラ用HDDの大容量化は更に進むと考えられる。また, 監視カメラシステムでのSMR HDDの使いこなしの工夫も進み始めており, SMR技術を適用した監視カメラ用HDDの需要は高くなると思われる。

当社は, 引き続き市場の拡大が見込まれる監視カメラ用HDDを大容量化し, 顧客ニーズに応える製品を展開することで, 情報インフラ社会に貢献していく。

文献

- (1) 下村和人, 瓦記録技術を活用したデータセンター向け大容量HDD. 東芝レビュー. 2019, 74, 6, p.12-16. <https://www.global.toshiba/content/dam/toshiba/migration/corp/techReviewAssets/tech/review/2019/06/74_06pdf/a04.pdf>, (参照 2021-08-02).
- (2) 東芝, 芳賀達也, 田中秀明, ディスク記憶装置及び方法, 特許第5951472号, 2016-07-13.



倉兼 紘 KURAKANE Hiroshi
東芝デバイス&ストレージ(株)
ストレージプロダクツ事業部 HDD製品技術部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.



青木 隆雄 AOKI Takao
東芝デバイス&ストレージ(株)
ストレージプロダクツ事業部 HDDコントローラ技術部
Toshiba Electronic Devices & Storage Corp.