

多視点映像蓄積・配信システムにおける長期保存方式の 検討と評価

塚田 晶宇 秦 淑彦

三菱電機(株) 産業システム研究所

複数のビデオカメラを用いた映像監視のように、連続的に映像を入力・蓄積し、要求に応じて蓄積映像を配信するシステムにおいては、記録容量の制限から、入力映像すべてを蓄積することはできず、部分的・選択的に蓄積せざるを得ない。最新の一定期間をエンドレスに蓄積することが一般的であるが、これらの記録は比較的短時間で消去されてしまい、長期間保存できない。本稿では、アプリケーションとして映像監視業務を想定し、連続入力される映像を長期的に保存するための効率的なシステム構成、記録方式、データ格納形式について提案するとともに、プロトタイプシステムを構築し、提案方式の有効性を評価する。

Long Term Recording Method for Multi-Perspective Video Storage/Delivery Systems

AKIHIRO TSUKADA and TOSHIHIKO HATA

Mitsubishi Electric Corp. Industrial Electronics & Systems Lab.

In the video systems which continuously record video data from video cameras and retrieve them on-demand, it is common to record the latest certain period of video data in a circular way. This method is suited to record high band-width video in realtime, but cannot hold recorded data for a long term. In this paper, we propose a system architecture, recording method and data format for the efficient long-term video recording, particularly targetting the video surveillance applications. We made basic experiments to evaluate the performance of the proposed method.

1 はじめに

近年のデジタル映像技術の向上・普及に伴い、セキュリティや設備監視、計測制御等の分野において、デジタル映像を用いたマルチメディア監視のニーズが高まってきている [1]。これらのアプリケーションは以下の特徴を持つ (図 1 参照)。

- 多数のビデオカメラ、少数の再生装置
- ネットワーク (LAN) を用いた遠隔監視
- 連続的・リアルタイムでの映像入力、蓄積
- オンデマンドの映像配信

我々は上記の特徴を備えた映像の蓄積・配信系を“多視点映像蓄積・配信システム”と呼んでいる。

多視点映像蓄積・配信システムにおける映像蓄積の目的は、(1) 監視員が見落とした映像の見直しと、(2) 監視対象に異常が起きた時の状況確認の 2 つが中心となるが、そのためには

- 膨大な映像データの常時 (連続的) 記録
- 記録しながらの配信
- センサー、アラーム等と連動した蓄積 / 配信

等の機能が要求され、従来のビデオオンデマンドシステムや、タイムラプスレコーダ装置では実現

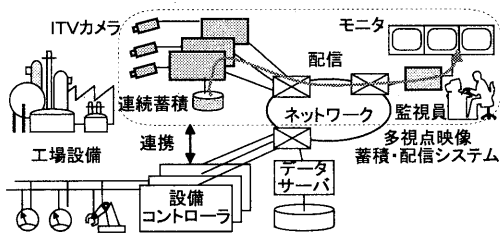


図 1: 多視点映像蓄積・配信システムの例

が困難である。そこで我々は、パソコンとハードディスクを用いて上記機能を実現する分散システム“メディアコントローラ”を開発した[2, 3].

メディアコントローラでは、カメラ側で最新の一定期間(数10分)を記録する“エンドレス記録”や、各アラーム発生前後を記録する“イベント連動記録”等が行なわれるが、これらの記録は、常時入力される新たな映像データのために比較的短時間で消去・更新されてしまい、長期間の(半永久的な)保存ができないという課題があった。

本稿では、アプリケーションとして映像監視業務を想定し、多視点映像蓄積・配信システムにおける映像の長期保存に関する課題を検討し、効率的な記録・格納の方式を提案する。また、プロトタイプシステムを用いた性能評価を通して、提案方式の効果について考察する。

2 長期保存の技術課題

2.1 記録に関する課題

長期保存では、短期的な記録に比べ膨大な量の映像データが記録される。大容量の記録装置や記録媒体のコスト面からも、記録領域を効率的に使用することが一層重要となる。

選択的退避と記録装置の共有 多視点映像蓄積・配信システムの短期記録では、映像監視に代表されるアプリケーションの性質上、VTR並の品質と帯域を有する映像をカメラ側でハードディスクに記録している。長期保存に関しても、台数の多くなるカメラ側の設備を低価格で実現するためには、入力映像すべてを保存するのではなく、ハードディスクに短期記録されたデータから重要な部

分のみを選択し別の場所へ退避する方式を採らねばならない。

退避する先の記録領域は、カメラ側で分散して保持する場合とネットワークを介して長期保存用の記録装置を共有する場合が考えられる。長期保存されるべきデータの中心は、重要な異常が発生した時刻前後の記録(イベント連動記録)であるが、監視業務における異常は、滅多に発生しないが一旦発生すると連鎖的に発生する傾向がある。このように、異常の発生頻度は平均的には高くなく、しかも各カメラや時刻によってばらつきが大きいことが予想されるため、個々のカメラ側で記録領域を持つよりも、複数のカメラ(短期記録装置)で長期保存用の記録装置を共有し、長期保存の記録領域を効率的に使用することが重要となる。

退避処理の時間制約 上記のように短期記録から退避して長期保存をするためには、短期的な記録からデータが消去される前に退避を完了させなければならない。退避の処理に関して帯域制御やスケジューリングを行ない、ある時間内に終了させることが必要となる。

ただし短期記録の記録時間(周期)は通常数10分程度となるため、ネットワークを介して長期保存の記録装置へ退避する方式において、連鎖的に異常が発生し同時に多数の長期保存が要求されて負荷が集中しても、退避処理に対する上記の時間的制約はそれほど厳しいものにはならない。

低優先でのデータ退避 長期保存のデータの用途は、異常が発生した状況の事後確認や事後分析が中心であり、緊急性は低い。一方短期的記録やその配信の場合は実時間の監視/制御が中心用途で緊急性が高い。したがって、短期的な記録とその配信への計算機資源割り当てを優先し、退避処理はその余りの資源で実行しなければならない。

2.2 データの格納・管理に関する課題

重複データの融合・共有 連鎖的に発生した異常により短期記録された各イベント連動記録は、時間的に重複する部分を多く持つことが予想される。これらを個別に長期保存するのではなく、重複したデータを共有し、長期保存の記録領域の使用を減らすことが望まれる。

透過的な検索 退避する前の短期的な記録において映像データに付けられた、カメラの識別子や撮影時刻などの属性は、退避後も重要な意味を持つ。そのため、長期保存の映像データについても、短期的な記録と同じ属性を保持し、透過的に、すなわち、長期保存として退避されたか否かをユーザに意識させずに検索できることが要求される。

大量映像データの検索 長期保存された大量の映像データの中から所望の映像を見つけるためには、上記の属性による検索のみでは不十分な場合があり、サムネイルの作成とブラウジング、キーワード検索などによって、映像の内容を基に検索することも重要になる。

マルチボリュームへの対応 大規模なシステムの長期保存においては、RAID等の固定的なメディアでは容量が不足するため、MOチェンジャ等の交換型メディアへの記録をサポートすることが要求される。映像データの格納されているメディア(ボリューム)の管理や、ハードディスクでのバッファリング、オンラインでのメディア交換などが必要となる。

データの保護 重要な映像データばかりが長期保存されるため、故障の際のデータ保護は、(短期的な記録の場合よりもさらに)重要な課題である。長期保存の記録装置が故障しても、壊れた部分以外に記録された映像データにはアクセスできるような、データ格納形式や、管理方式、退避処理のトランザクション化などが要求される。

また長期保存の映像データには多くのユーザがアクセスすることが予想されるため、記録や再生に対してアクセス権を設定することも必要である。

2.3 記録データの配信に関する課題

格納形式と変換 長期的に保存された映像は、例えば事故状況の報告書作成などの形で、他のプログラムによって様々な形態で利用される場合が多い。したがって、一般的なデータ形式への変換や、外部からのアクセスが容易な格納形式でなければならない。また、退避の処理や、格納中、あるいはユーザへの配信の際に、要求に合わせて映像データの品質を変換する機能も必要となる。

また、長期保存された映像を、事故が起きた際の映像を集めたVODシステムとして利用する場合も考えられるため、報告書作成といった非実時間用途での配信だけでなく、実時間でストリーム配信にも適した格納形式でなければならない。

3 長期保存の実現方式

上記課題実現の第一ステップとして、長期保存の基本機能となる下記の課題について実現方式を検討し、プロトタイプ・システムを構築した。

- 選択的退避と記録装置の共有
- 低優先でのデータ退避
- 透過的な検索

3.1 退避方式

長期保存を含めた、多視点映像蓄積・配信システムに適したシステム構成として、図2に示すような分散蓄積構成を提案している[4]。

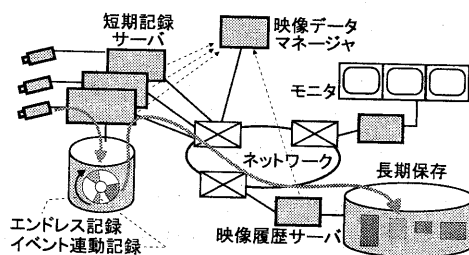


図2: プロトタイプシステムの構成

エンドレス記録、イベント連動記録といった短期的な記録を各カメラ側(短期記録サーバ)で分散して実行し、その中から重要な部分を取り出して、共通の長期保存用のサイト(映像履歴サーバ)に伝送して退避・格納する。短期記録サーバからの退避処理に関するCPU実行優先度やディスクアクセスの優先度は、短期的な記録やその配信処理より低くするとともに、短期記録から退避中のデータは消去されないようロックする。

映像履歴サーバへの映像伝送には、短期記録の配信とは異なる方式を用いる。短期記録の配信では、映像データはUDP/IPを用いて一定周期で

送信されるが、退避のための伝送では、TCP/IPを用いて非周期的にベストエフォートで映像履歴サーバに送信される。

映像履歴サーバでは、これらのデータを受信して格納する各セッションを管理し、途中で異常終了した場合は、後程自動的に再退避を指示する。

異常発生時には、関連映像のイベント連動記録処理や、その短期記録データの配信、長期保存のための退避処理など負荷が集中するが、以上に述べた方式によって、負荷が集中しても、緊急性の強い短期的な記録や配信を妨害することなく、効率的かつ確実に退避することができる。

3.2 データの格納形式

長期保存の格納形式については、以下のように幾つかの選択肢が考えられる。

- 映像の属性の記録方式
 - 映像データに属性を埋め込む。
 - 映像と属性を別々に記録する。
- 格納の単位
 - 全データを一つのファイルに記録
 - カメラ毎に個別のファイル
 - 各退避データ毎に別々

映像データに属性を埋め込む形式を用いれば、短期記録と同じアクセス方式が使用できる上に、操作ミスや故障などで映像データと属性データの対応が取れなくなる可能性が少ないというメリットがある。しかし、映像データに対して任意の属性情報を埋め込むための、異なる映像符号化方式間で標準的な形式は無いため、独自の格納形式となり、長期保存された映像に一般のプログラムからアクセスする場合に属性情報を分離する処理が必要になってしまう。

またデータの格納単位に関しては、多くのデータを一つのファイルで管理する方が効率的と考えられるが、記録領域の一部が破壊された場合の影響や、外部からのアクセスのしやすさ、データのコピーについて考慮すると、各退避データ毎に別にした方が良く考えられる。さらに、各データ毎に個別のファイルに格納することにより、検索

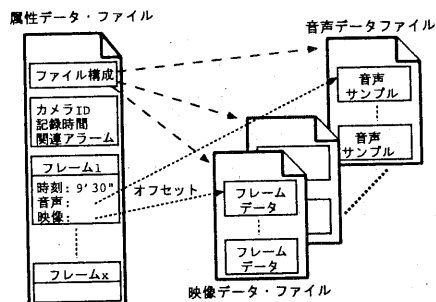


図 3: 長期保存の格納形式

や追加 / 削除などのデータ管理に、OSのファイルシステムのサービスが利用できる。

2.3節で述べたように、長期保存されたデータの用途は、(1) 報告書作成等、保守のために動画データとして非実時間で他のプログラムに提供される場合と、(2) 事故映像のVODシステム等、事後解析のために実時間で再生される場合が考えられるが、両者は、格納形式に関してオープン性(アクセスの容易さ)と実時間性(アクセス効率)という相反する性質を要求する。

ここでは、中心となるのは(1)の用途であると考え、他のプログラムからのアクセスの容易さに重点をおいた。その場合、図3に示すように、各退避データ毎に、属性データ、映像データ、音声など構成要素毎に個別のファイルに分離して格納するのが適当である。属性データのファイルに、退避データを構成するファイル(上記の例の場合、属性、映像、音声の3ファイル)の情報も含めることによって、退避データに対する文字記述の追加などの拡張にも対応することができる。

映像と属性など複数の構成要素を必要とするアプリケーションに対して記録データを配信する際には、分離されたデータを送信時に再合成し、一つのストリームとして提供することもできる。

3.3 長期保存データの統合管理

短期的な記録は、図2の映像データマネージャによってその所在や属性が管理されている。それらの短期記録から退避された長期保存のデータについても、映像履歴サーバ内で管理するだけでな

く、対応する短期記録の属性をコピーして、所在は異なるが同じ属性を持ったデータとして、映像データマネージャへ登録する。

これにより、カメラ識別子やタイムスタンプ等をキーとして、短期記録と同じように、システム全体のデータの中から検索できる。またユーザは、短期記録から長期保存へ退避されたかどうかを意識することなく、退避する前と同じキーによって透過的に検索することが可能となる。

3.4 重複データの共有

プロトタイプへの実装は行なっていないが、重複したデータを共有して映像履歴サーバに格納するため、以下の方式を検討している。

上記 3.2 節の格納形式を拡張し、図 4 のように、退避したデータの記録時間を、他と重複する区間としない区間に分割された木として管理する方式が考えられる。分割された葉に対応する区間のデータを、3.2 節の一連のファイルに格納する。

複数の木の間で部分木を共有することによって重複するデータを共有できる。新たなデータの追加により、それまで重複していた区間がさらに分割される場合には、以前の葉の部分部分を新たな部分木として分割すれば良い。

分割されたデータを配信する際には、送信時にツリー構成をたどって再合成すれば一つのデータとして提供できる。

4 退避性能の評価

提案した方式による長期保存の性能評価として、3章で述べたプロトタイプシステムを用いて、簡単な測定を行なった。多視点映像蓄積・配信システムにおいては、長期保存にかかる時間が、用意すべき短期記録の容量にも影響するため、

- (1) 短期記録サーバの最大退避性能
 - (2) 映像履歴サーバの受信・格納性能
- について測定した。

4.1 短期記録サーバの最大退避性能

図 5 に示した構成によって、単一の短期記録サーバから退避(送出)できる最大のスループットを測定した。帯域が 8Mbps のモーション JPEG

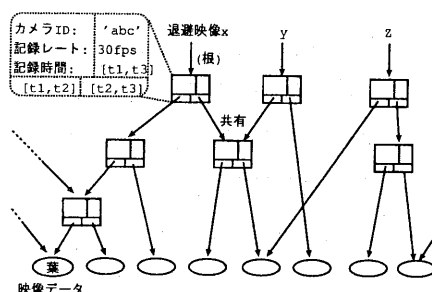


図 4: 重複データの共有

映像 20 秒間分の退避を 1 セッションとし、同時に複数のセッションを要求して、それぞれに要した時間を計測し、全体のスループットを計算した。

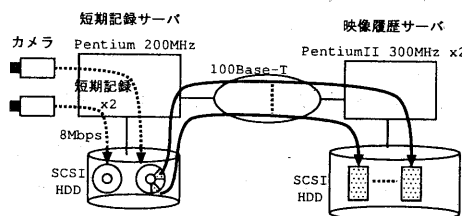


図 5: 最大退避性能の測定環境

測定の間、常に 2 カメラの短期記録が行なわれていたが、配信は行なわれていない。測定の結果を図 6 に示す。図において、各スループットを示すバーの横には、退避中に計測された CPU 負荷の最高値を示した。

現在退避処理の実装がすべての空き資源を使い尽くす方式になっていないため、同時に退避するセッションの数が増えるにつれ全体のスループットが増加するが、その伸びは小さくなっており、全体としては 20Mbps 弱のスループットが限界になると予想される。

この伸びの減少は、短期記録のハードディスクの読み出し性能が最高 36Mbps までに制限されていることと、それがベストエフォート型の配信方式と CPU 負荷の増大によってさらに悪化しているためと考えられる。異なる配信方式を用いる短期記録の配信では、8Mbps の映像を最大 3 つ(合計 24Mbps) 配信できる。

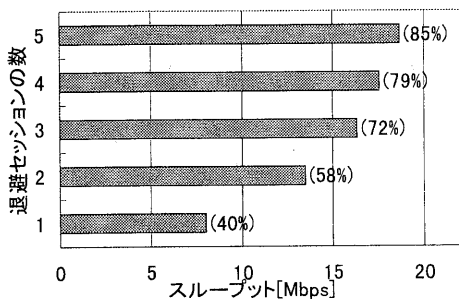


図 6: 短期記録サーバからの最大退避性能

なお上と同様にして退避処理を行なっている間に、短期記録からの配信を行なって、再生側の計算機でデータの到着間隔を測定したところ、退避処理の実行中であっても到着間隔の平均とジッタは悪化しないことが確認された。

4.2 映像履歴サーバの受信・格納性能

1～3 台の短期記録サーバに同時に退避を要求し、4.1節と同様に、各セッションの退避速度の合計を、映像履歴サーバの受信・格納のスループットとして計算した。測定の結果を図 7に示す。

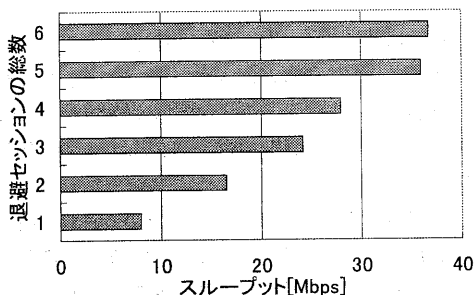


図 7: 映像履歴サーバの受信・格納性能

セッションの数が 4 以上になると、それ以下の場合に比べスループットの増加が鈍っている。これは、4セッション以上の測定の際には各短期記録サーバあたり複数の退避セッションが実行されているので、4.1節で示したように送信側の速度が落ちたことが原因である。

映像履歴サーバの受信スループットは約 38M

bps で限界に近付くが、これはハードディスクへの書き込み処理 (最高で約 48Mbps) が原因と考えられる。

5 おわりに

多視点映像蓄積・配信システムにおける、映像データの長期保存の課題について検討し、その一部について実現方式を検討した。提案した方式は、分散して行なわれる短期記録の中から、長期保存する部分を取り出して映像履歴サーバに退避する。用途の違いを考慮し、退避処理の資源利用の優先度は、短期記録やその配信処理よりも低く設定される。映像履歴サーバでは、他からのアクセスの容易さと故障への耐性を重視し、長期保存する各データ毎に複数のファイルに格納する。

今後は、プロトタイプシステムへの機能追加と、より詳細な性能評価によって、提案した方式の有効性を確認するとともに、

- 空間情報や内容による映像検索
- 退避・格納処理の帯域制御 / QoS 保証

について実現方式を検討し、メディアコントローラに実装して行く。

参考文献

- [1] A.Guha et.al.: Supporting Real-Time and Multimedia Applications on the Mercuri Testbed, IEEE J. Select. Areas. Comm., Vol.13, No.4, pp.749-763 (1995).
- [2] 秦 他: マルチメディア監視制御システム — 監視映像の効果的提示手法とその実現方式について —, 電気学会 金属産業研究会資料, MID-98-8, pp.37-42(1998).
- [3] 尾崎 他: 産業用マルチメディア技術, 三菱電機技報, Vol.71, No.2, pp.42-45(1997).
- [4] 塚田 他: マルチメディア監視向け分散ビデオサーバ「メディアコントローラ」の映像記録アーキテクチャ, 情処 DICOMO'98 シンポジウム論文集, pp.747-753 (1998).