

NCS (ネットワークカメラシステム) による 監視システムの構築と運用

古谷 雅理[†] 櫻田 武嗣[†]
瀬川 大勝[†] 萩原 洋一[†]

現在, 施設の状況記録, 防犯に監視カメラシステムが広く利用されている。監視カメラシステムの導入は, 少人数で広範囲を監視することが可能なため非常に有用である。しかし従来の監視システムでは, 構築時だけでなく運用時にも多くのコストを要する。本論文では, 設置時と運用時の両方のコストを減らしながら, 従来の方式よりも多数のカメラで広範囲を監視できるネットワークを利用した新しい監視カメラシステムの構築および運用について述べる。本システムを利用することによって, 異常が起こった後の様子だけでなく, 異常が起きた前後の様子をネットワークを介して遠隔地からでも把握できる。本システムは実際に既存のネットワーク回線, 汎用の PC, 30 台以上のネットワークに接続可能なカメラを利用した監視カメラシステムを構築し, 現在も運用しているものである。つねに過去約 1 週間分の画像が蓄積された状態で運用しており, これらの画像はインターネットブラウザを利用し検索ができる。これにより機種に依存しない検索システムとなっている。さらに異常検知時には, 異常場所が映っているカメラの画像から自動的に異常の起きた前後の動画像を作成し, 携帯電話に通知するシステムを開発した。この通知システムは, 第 3 世代携帯電話で映像を確認することが可能であり, 携帯電話が通じるところならば管理者がどこにいても状況を把握でき, 運用面でも管理者の負担を大幅に軽減できる。

Developing and Using of Surveillance System Using Network Camera System

TADASUKE FURUYA,[†] TAKESHI SAKURADA,[†] HIROKATSU SEGAWA[†]
and YOUICHI HAGIWARA[†]

We propose a new surveillance camera system utilizing the network. This system is intended to maintain low costs, monitor various places, store clear images, conduct simultaneous searches from different locations, and provide real-time warnings of abnormal situations to administrators at remote locations. Since this system utilizes general-purpose PCs, web cameras, cellular phones, and existing networks, it does not require costs for a systems configuration. System extension and partial repair are easy. In conventional surveillance systems, when abnormalities occur, it is necessary to conduct a time-consuming search for the image from all images recorded on videotape. In the case of an unauthorized entry into a building, the administrator is notified via movie mode on their cellular phone. Thus, it is possible for the administrator to check a movie of the trespass at any time.

1. はじめに

近年, 施設の状況記録, 防犯に監視カメラシステムが多く利用されている。監視カメラシステムの導入は, 少人数で広範囲を監視, 運用することが可能なため非常に有用である。従来の監視カメラシステムでは, 常時人が監視して異常を発見するか, センサを利用して異常を感知し, 異常発生時刻, 発生場所を通知する。

これらは, メール, 静止画像, 音声を利用した異常通知が主であり, 異常時の状況を把握することが難しい。また, 専用機器を利用するため多くの設備費用, 運用費用が必要であり容易に導入できないが, 導入しても有効活用されないことが多い。ネットワークに接続可能な Web カメラの登場により, これらを利用したいいくつかの監視システムが利用されている。Web カメラは高解像度, 低価格化した製品が提供されており, 設置・設定が容易に行えるといった利点がある。しかし, これらを利用したシステムの多くは, 設置できるカメラの台数に制限があるため, 広範囲を監視できな

[†] 東京農工大学総合情報メディアセンター
Information Media Center, Tokyo University of Agriculture and Technology

い。また、異常時にメールで管理者に知らせるシステムはあるが、異常時の状況を的確に伝えることができないといった問題がある。

本論文では、これらの問題を解決するために Web カメラを利用した新しい監視カメラシステムについて述べる。30 台以上のカメラで撮影された画像を 1 セットの PC サーバに蓄積し管理する。撮影された画像からタイムコードを付加した動画を自動生成する。これらは、ネットワークにつながった PC から容易に確認することが可能である。さらに、異常発生後に異常発生前後の動画を生成し、携帯電話で確認できるシステムを提供する。これは異常感知直後に携帯電話用動画を生成することが可能である。携帯電話から監視カメラのライブ画像を閲覧できるシステムはすでにあるが、1 台の PC サーバで画像の蓄積、動画生成、携帯電話等への動画配信まで行うシステムはほかにはない。また、作成する異常発生時の携帯電話用動画は、1 台のカメラで撮影された画像だけでなく、複数のカメラで撮影された画像から 1 つの動画を生成することも可能である。

本論文では、ネットワークの整備された学校等において大規模監視カメラシステムを従来の方式よりも低コストで構築・運用できるシステムについて述べる。また、そのシステムを実際に構築し、運用した事例について述べる。

2. 既存の監視カメラシステム

2.1 専用機器を利用した監視カメラシステム

専用機器を利用したシステムの代表的なものに CCTV システム^{1),2)}がある。複数のカメラの映像は、画像分割装置等を利用しモニタに出力する、あるいは長時間録画可能なタイムラプスビデオに記録する。このシステムではカメラ、制御装置間をほぼ 1 対 1 で接続する必要がある。また、制御装置の映像入力数にも制限があるため広範囲を監視するには、多くの設備費用がかかる。さらに、記録装置としてビデオテープレコーダを利用する場合、テープの交換作業が必要であり、一時的に録画を止めなければならぬだけでなく、長時間の磁気テープへの保存は画像が荒く鮮明さに欠ける。ハードディスクレコーダを利用することでこれらの問題は解消できるが、非常に高価である。運用面でも、異常に即時対応するためには多くのモニタを同時に監視するための人的コストが必要となる。また、カメラの増設、設置場所の変更が容易に行えない。これらのような問題から専用機器を利用した監視カメラシステムは容易に導入できないか、導入しても有効活

用されないことが多い。

2.2 ネットワークを利用した監視カメラシステム
ネットワークに接続可能な Web カメラ^{3),4)}の登場により、これらを利用したいくつかの監視システムが利用されている。これらのシステムはインターネットや携帯電話を利用し、ネットワークカメラのライブ画像を確認するだけのものがほとんどである。松下電器の KH-HNP11⁵⁾、北海電工の IP-CAM⁶⁾のようにネットワークカメラの画像を記録し、後に動画像を作成できるシステムも提供されている。これらは 10~20 台程度のカメラにしか対応できないため、何十台ものカメラを設置して広範囲の場所を監視することは難しい。また、異常時にメールで管理者に知らせるシステムはあるが、異常を知らせるテキスト、異常検知時の静止画像メールでは、状況を判断することは難しい。

3. 監視カメラシステムの設計

3.1 システム要件

これまで我々は、CCTV システムを利用していたが、監視範囲が狭く死角が多く存在していた。またシステムの老朽化もありカメラの増設およびシステムの入替えを行う必要があり、既存の製品では我々の要求する要件を満足できるものはなかったため、本システムの設計・開発・構築を行った。

監視対象、場所によって監視カメラシステムに求められる要件は異なる。我々は、大学構内の監視を目的とし以下のような要件をあげる。

- (1) VGA サイズで画像の撮影が可能。
- (2) 画像記録間隔は 4 秒以下。
- (3) 出入口等は昼夜を問わず撮影。
- (4) 広域を監視するため、30 台以上カメラを設置。
- (5) 一定期間画像を蓄積。
- (6) 専用機を必要としない画像検索。
- (7) 専門の管理者を置かないで運用。
- (8) 遠隔地から異常発生前後の状況を把握可能。
- (9) 将来のカメラの増設にも耐えうる。

要件 (1), (2) に関しては、既存の CCTV カメラをもとに決定した。画像記録間隔は総録画時間に依存する。長時間録画可能なタイムラプスビデオ⁷⁾では、8 台のカメラの画像を 1 週間記録する場合、画像記録間隔は約 12 秒である。本システムでは、記録間隔をこれよりも短い 4 秒と決めた。

以上の要件を満たし、かつ構築・運用コストが低減できるようにシステムを設計する。システム設計の詳細は次節に示す。

3.2 システムの設計

前述の要件を満たすため、次のようにシステムの基本設計を行った。

(A) VGA サイズで撮影でき、画像転送間隔 4 秒以下の Web カメラを利用 (要件 (1), (2))。

(B) 夜間等を考慮し、カメラは可視光線用と、赤外線光用の 2 種類を設置する (要件 (3))。

(C) 高速アクセス可能、大容量の保存領域を用意する (要件 (4), (5))。

(D) 専用のアプリケーションを使わない検索システムを設計する (要件 (6))。

(E) 処理を自動化し専用の管理者を必要としないシステムを作成する (要件 (7))。

(F) 携帯端末を利用し状況を把握できるシステムを作成する (要件 (8))。

(G) システム拡張に備え、負荷分散等を考慮したシステムを構築する (要件 (9))。

4. プロトタイプの構築とテスト運用

4.1 プロトタイプシステムの構成

前述の基本設計を満たすためにはネットワークと画像サーバに高い性能が要求される。そこで、利用するカメラの選定、サーバの性能を評価する目的でカメラ 8 台と画像サーバ 1 台からなる実験システムを構築した。画像サーバは FreeBSD 4.7 をインストールした PC (Pentium III 1 GHz/Memory 512 MB/Software RAID0 750 GB) を利用し、Web カメラには、Panasonic 社製カメラ [KX-HCM1] を利用する。ネットワークはすべて 10/100Base スwitchングハブに接続する。

Web カメラから FTP で画像サーバに一定間隔で送信し、画像を蓄積・管理する。画像サーバでは、Apache 2.0 を動作させ、クライアントとなる PC から Web ベースでの画像検索を可能とする。

4.2 テスト運用結果

試作したシステムのテスト運用を半年間行った。各カメラからの FTP により 4 秒間隔でサーバに画像を蓄積した。その結果、カメラ 1 台あたり 1 日約 0.5 GB、1 週間では約 3.5 GB の領域を必要とした。8 台のカメラで 1 週間分画像を蓄積すると、約 28 GB のディスク容量が必要である。テスト用に構築した Web ブラウザを利用した画像検索システムは、クライアント端末に依存することもなく、アニメーション表示可能であった。この Web サーバの機能を別サーバで処理させることによってシステムを分散化できる。

このテスト運用から、既存の CCTV システムの機能を満たし、低コストで構築できることを示した。一

方、運用中にさらにいくつかの要望があげられた。

- 滑らかにアニメーションできるように撮影間隔の短縮。

- 静止画像だけでなく動画として蓄積画像を閲覧・管理。

- 蓄積した画像を CD-R に記録、保存、配布。

- 遠隔地からのアクセス。

これらの要件を満たすため、高速ネットワークの設計および大容量ディスクを導入し、1 秒間隔で画像を記録することとする。30 台上のカメラを接続し 1 秒間隔で画像を蓄積する場合、約 420 GB 以上のディスク容量が必要となる。管理者がどこにいても簡易に画像が確認できるシステムを作成することが望ましいが、専用の端末を常備するのは難しい。そこで、ふだん利用している携帯電話から状況を確認できるシステムを作成する。そのため、携帯電話で再生可能な形式の動画画像を生成する必要がある。

5. 実運用システムの構築

プロトタイプシステムから得られた点を生かし、実運用システムの構築を行った。実運用システムにおいて既存システムにはない機能を提供するために、動画画像自動生成機能、画像検索機能、侵入通知機能を新たに開発した。また、高機能検索を実現するためにファイル自動管理機能を開発した。構築に利用した機器および開発したソフトウェアについて次に述べる。

5.1 システムのハードウェア構成

図 1 に本システムのシステム構成図を示す。本システムは、可視光用 Web カメラ 30 台、赤外光用 Web カメラ 6 台の計 36 台のカメラ、画像サーバ 1 セット、検索端末、携帯電話、ネットワークから構成されている。

Web カメラは、画像サーバに対して 1 秒間隔で撮影された画像を転送できる機能を有し、任意の文字列と撮影時刻をファイル名とすることができる必要がある。撮影画像は、VGA サイズ以上の Jpeg ファイルとする。また一部のカメラには、後述する異常検知機能を提供するため、外部センサの I/O 端子とメール送信機能を有する必要がある。本システムでは、Panasonic 社製 KX-HCM1, KX-HCM2, AXIS 社製 AXIS 2420 を使用する。Panasonic 社製カメラの画像サイズは、640×480 pixel, AXIS 社製カメラは、704×480 pixel でありシステム要件を満たしている。

画像サーバは、各カメラから送られてきた画像の蓄積・管理・検索ができる必要がある。また、動画画像が自動作成でき、動画画像の配信機能があることが望ましい。主な動画画像配信ソフトとしては、リアル

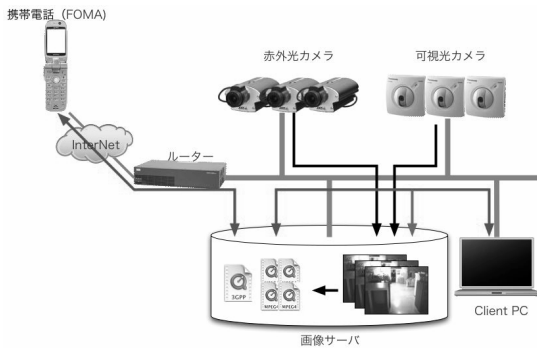


図 1 システム構成図

Fig. 1 Overview of the system.

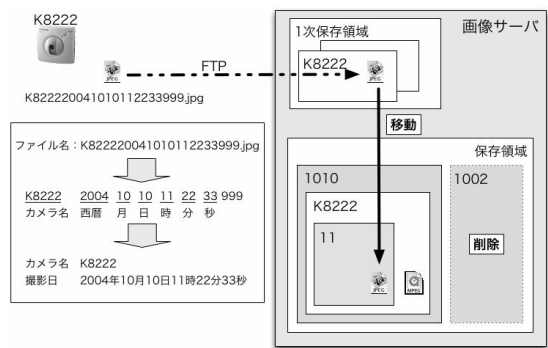


図 2 ファイル自動管理

Fig. 2 File management system.

ネットワーク社の Helix Server⁸⁾, Microsoft 社の Microsoft Windows Media サービス⁹⁾があるが、動画が容易に自動作成でき、携帯電話で再生できる形式の動画が容易に作成できる必要がある。本システムでは、幅広い配信手段に対応している MPEG-4¹⁰⁾ ファイルを作成でき、動画作成に QuickTime エンコーダと動画配信用に QuickTime Streaming Server5.0¹¹⁾ を標準で装備している Apple 社製 XserveG5 (MacOS XServer10.3/PowerPC G5 2GHz Dual/Memory 4,096 MB/Hardware RAID5 3.2TB) を利用する。

携帯電話は、画像サーバからのメールを受信することができ、画像サーバにアクセスできる必要があり、画像サーバ内に作成された動画の再生ができる必要がある。携帯電話で利用できる動画の形式には、第3世代携帯電話で利用されている 3GPP¹²⁾ と 3GPP2¹³⁾ がある。これら形式は、モバイル機器特有の要件に合わせ込むため、インターネットを通じたビデオ・オーディオの配信方法を定めた標準規格の MPEG-4 を基本としている。本システムでは、携帯電話での再生可能ファイルサイズが大きい 3GPP 形式を利用する。このため携帯電話は NTT DoCoMo 社の FOMA を使用した。

Web カメラは、建物内各階に設置された 10/100 base スイッチングハブに接続する。各階のハブはギガビットイーサネットスイッチで束ね、画像サーバに接続する。

5.2 システムのソフトウェア構成

画像サーバでは、ファイル自動管理機能、動画自動生成機能、画像検索機能、侵入通知機能の4つの機能を実現する。動画作成機能以外は機能を分散できるように開発する。検索端末では、画像の検索・閲覧のための Web ブラウザ、動画再生環境があればよく、

特別なソフトウェアは必要としない。各機能の詳細を下記に示す。

(1) ファイル自動管理機能

30台以上のカメラから送られてくる撮影画像ファイルを、短時間で検索できるように効率良く管理する必要がある。通常、撮影画像の検索には撮影場所(カメラ名)や撮影日時を指定する。そこで、日付名を付けたディレクトリ内にカメラ名を付けたディレクトリを作成し、1次保存領域内の画像ファイルのファイル名をもとに適切なディレクトリにファイルを移動する。さらに1週間以上過ぎた画像および後述する動画は日付名の付いたディレクトリごと削除する。これらの処理はスクリプトにより決まった時刻に自動的に実行する。図2に画像ファイルの流れを示す。撮影画像のファイル名は、カメラ名、撮影時刻からなる。たとえば、カメラ“K8222”から送られた撮影画像ファイル“K82221010112233.jpg”は、画像サーバの1次保存領域内にある“K8222”ディレクトリに転送される。定期的にファイル管理機能が稼働し、撮影日ディレクトリ“1010”のカメラ名ディレクトリ“K8222”内の11時を示す時間ディレクトリ“11”に画像を移動する。また、8日前の撮影日ディレクトリ“1002”が存在する場合、そのディレクトリを削除する。

(2) 画像検索機能

サムネイルで表示した全撮影画像の中から、必要な画像を得るのは容易ではない。短時間で、必要な画像を探すために効率的な画像検索機能を提供する必要がある。詳細な検索を可能とするために、撮影場所、撮影時刻が指定でき、連続表示可能である必要がある。また、特定の端末、特殊なソフトウェアは利用しないことが望ましい。そこで、通常のPCで閲覧することが可能であり、ネットワークを利用し、複数の場所からも閲覧できる方法として、Webサーバを利用した検索

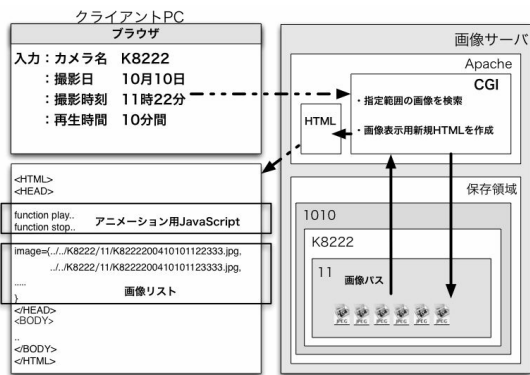


図 3 画像検索
Fig. 3 Image search.

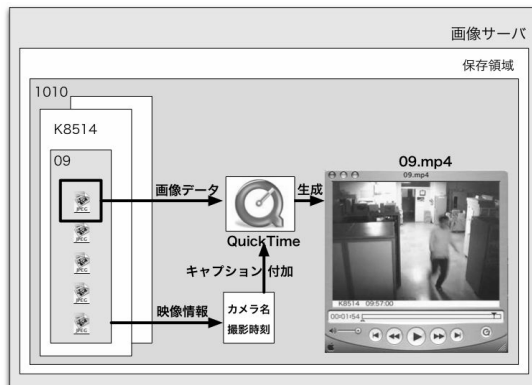


図 5 動画像自動生成
Fig. 5 Automatic movie generation.



図 4 クライアント検索画面
Fig. 4 Stored images viewer interface.

システムを開発した。画像の連続表示には JavaScript のタイマを利用し、画像を連続して読み込むことによって実現した。ユーザは、JavaScript が利用可能な Web ブラウザを利用し画像サーバに接続し、検索画面から、撮影場所、撮影時刻等を入力する。ユーザからの入力情報をもとに画像サーバ内の CGI が検索条件にあった画像を検索し、画像の保存位置、JavaScript を含んだ HTML ファイルを生成する (図 3)。ユーザは新しく表示された画面から再生ボタンを押下し連続的に表示される撮影画像を確認する。画面下には撮影時刻、撮影に利用したカメラ名が表示されるので画像が撮影された時刻の特定ができる。また、画面の再生は通常のビデオテープレコーダと同様に、一時停止、コマ送り等が可能である。検索端末での表示例を図 4 に示す。

(3) 動画像自動生成機能

確認したい場所、時刻が明確なときは、画像特定することは容易である。しかし、場所や時間を特定でき

ない場合、大まかな状況を把握する目的で長時間分の画像を確認する場合、1枚1枚の画像検索よりも一定時間単位でまとまっている方が閲覧しやすい。また、CD-R 等のメディアへ撮影画像を保存した場合、撮影した静止画像を連続表示して閲覧するには何らかのツールをユーザに準備してもらう必要がある。そこで無償でプレイヤーが提供され、通常の PC で再生可能な MPEG-4 形式の動画像に撮影画像を変換し管理する。作成する動画像は、管理しやすいように 1 時間単位で作成し、短時間で閲覧できる長さとする。

動画像の作成には Apple 社の Apple スクリプトを利用し、1 時間単位の動画像を自動作成する。動画像への変換には Apple 社の QuickTime6 を利用する。QuickTime には連続する静止画像ファイルの先頭画像ファイルを指定することにより動画像を生成する機能がある。しかし、静止画像から単純に動画像を生成しただけでは、動画像にタイムコードがないため撮影時刻の特定が容易でない。そこで、動画生成時に撮影時刻、撮影カメラ名等の映像情報を付加する。

動画像作成の流れを図 5 に示す。動画像を作成したい時間帯の先頭ファイルを指定し、撮影画像のファイル名 (カメラ名、日付、時刻) から情報取得したキャプションを付加した動画像を生成する。作成する動画像のフレームレートを 30 fps とし 1 時間分の静止画像から長さ約 2 分間の動画像を作成する。

この動画像生成スクリプトを 1 日に 1 回実行することにより、動画像を自動作成する。作成した動画像は、撮影された静止画像と同様に日付名の付いたディレクトリで管理され、ファイル自動管理機能により 1 週間ごとに削除される。メディアへの保存は、日付ディレクトリから当該の動画像を手動でコピーすればよい。1 時間分の撮影静止画像 (VGA) は約 70 MB である

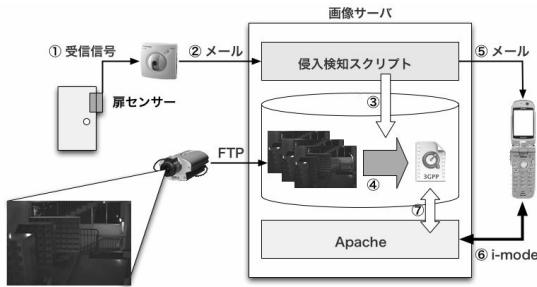


図 6 侵入通知

Fig. 6 Notification of illegal entry.

が、作成した動画像 (QVGA) は約 13 MB である。そのため、CD-R に 1 台のカメラの約 2 日分の動画像 (QVGA) を保存することが可能である。

(4) 侵入通知機能

施設内において侵入等の異常が発生した場合、いつ、どこで、どのような状況なのかを正確に管理者に伝える必要がある。管理者が施設内にいない場合は PC で施設内の状況を確認することはできない。そこでふだん携帯している、携帯電話に異常発生を通知する。しかし、異常発生時刻、場所が分かる文字、音声、静止画像をメール受信しても詳しく状況を把握することはできない。また異常前と後でどのような変化が起こったか分からない。本システムではある程度のファイルサイズの動画像再生が可能な第 3 世代携帯電話を利用し、異常時の動画像配信を行うことでこれを解決する。

図 6 に、侵入通知システムの流れを示す。あらかじめ侵入を検知したい扉に扉開閉センサを付けておく。センサには、マグネット式リードスイッチ等の各種センサが利用できるが、本システムでは、松下電器製 EK3591A を利用する。このセンサを、センサ入力端子が付いた Web カメラに接続しておく。また、侵入検知時にどのカメラが撮影した画像を用いて動画像を生成するかをあらかじめ決めておく。

図 7 に侵入検知時の画像を示す。夜間等の無人となる時間帯において扉の開閉があった場合、センサの接続された Web カメラが扉開閉の信号を受信する。Web カメラは画像サーバにセンサ感知のメールを送信する。画像サーバは Web カメラからのセンサ感知メールを受信するとあらかじめ指定してあるカメラが撮影した画像から、メールの送信時刻をもとに前後 30 枚の画像を抽出し動画像を生成する。動画像の生成に用いるカメラは、センサ入力があったカメラと同一でなくてもよい。生成した動画像のファイル名をセンサ感知時刻とし、このファイルへの URL を記したメールを管理者の携帯電話に送信する。管理者は携帯電話



図 7 侵入時画像

Fig. 7 Image of illegal entry.



図 8 携帯電話での動画再生画面

Fig. 8 Playing movie on the cellular phone.

を使って画像サーバに接続し、生成された動画像を確認し状況を判断する。この操作はすべて携帯電話だけで行うことができる。画像サーバでのメール受信から管理者へのメール送信までは Apple スクリプトによる自動処理である。図 8 に携帯電話での確認画面を示す。

既存のシステムでは、センサからの信号を受信する専用機器が必要であるが、本システムではセンサの信号受信に画像撮影に利用している Web カメラを利用するため、センサ受信専用の機器が必要ない。また、接続方式によっては 1 台の Web カメラで複数の信号を受信することも可能である。

6. システムの評価

6.1 システムの実運用

開発・構築したシステムの実運用について述べる。通路等の夜間も監視すべき場所には、赤外線ライトをつけた赤外光用 Web カメラを 6 台設置し、それ以外の場所には可視光用の Web カメラを設置する。赤外光用のカメラ 6 台と常時照明がついている場所のカ

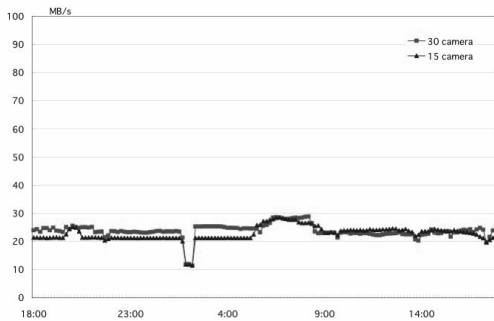


図 9 ディスク I/O (カメラ 15 台, 30 台)
Fig. 9 Disk I/O (15 cameras, 30 cameras).

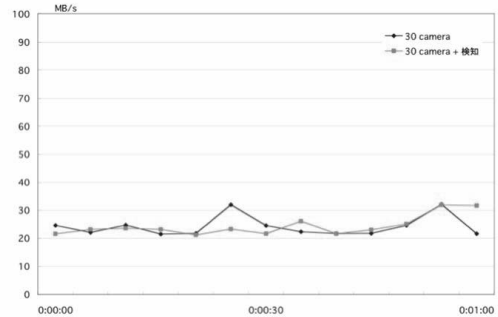


図 11 ディスク I/O (侵入検知発生時)
Fig. 11 Disk I/O (detecting illegal entry).

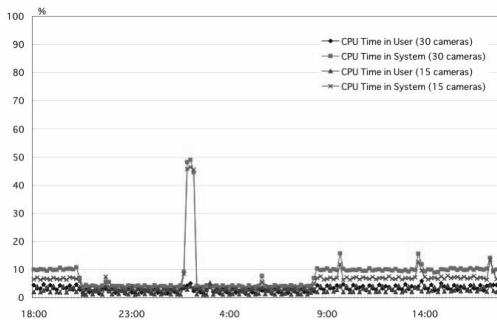


図 10 CPU 利用率 (カメラ 15 台, 30 台)
Fig. 10 Usage of CPU (15 cameras, 30 cameras).

メラ 4 台の合計 10 台は 24 時間, それ以外のカメラは 1 日 12 時間撮影画像を毎秒 1 枚の間隔で画像サーバに転送する。必要のない時間帯の画像を転送しないことでサーバへ蓄積する画像データ量を削減する。撮影された画像, 1 時間ごとの動画は 1 週間画像サーバに蓄積する。それ以前の画像データは自動的に消去する。通常, 蓄積画像は, 登録された IP アドレスの PC から画像サーバに接続し画像を閲覧するだけとし, パスワードによる保護と合わせて, セキュリティを確保した。異常が発生した場合, 携帯電話へ作成された動画の URL が書かれたメールが自動的に送信され, 管理者は携帯電話から画像サーバに接続し動画を確認する。すべて自動化されているのでメンテナンスは通常必要ない。

6.2 画像サーバの性能評価

画像サーバの運用状況を調査するために, 接続 Web カメラ台数 15 台と 30 台における画像サーバのシステム状態を 5 秒ごとに 24 時間測定した。

画像サーバのディスク I/O を図 9 に, CPU の利用率を図 10 に示す。使用している画像蓄積用のディスクは RAID5 構成である。本システムでは, 2, 6, 10, 14, 18, 22 時にファイル管理機能, 2 時には動画生

成機能が自動稼働する。20 時 30 分から 8 時 30 分までは 10 台のカメラからのみ画像転送が行われる。

図 9 からディスク I/O はファイル自動管理, 動画画像生成時処理が行われる 2 時付近で転送レートが低下していることが分かる。CPU 負荷が上昇し, I/O アクセスが増えると, I/O を発行しないでキャッシュにデータを貯めるため, 一時的にグラフの落ち込みが見られる。ただし, CPU・I/O の負荷が減るとディスクアクセス I/O が発行されデータの書き出しを行っておりデータの欠損はない。CPU 負荷がもどに戻ったときに高負荷になる前よりも I/O 発行が増えているのはこのためである。これは OS およびハードウェアの特徴であると考えられるため今後調査が必要である。カメラ台数 15 台のときのディスク I/O は平均 23 MB/s であり, 30 台のときは平均 28 MB/s であった。

図 10 から CPU の利用率はカメラ台数 15 台, 30 台とも 2 時のファイル自動管理, 動画画像生成時に最も高くなり最大 50% に達することが分かる。6, 10, 14, 18, 22 時のファイル管理機能稼働時の CPU 利用率は平常時に比べ数%上昇することから動画生成の CPU 利用率が高いことが分かる。カメラ台数 15 台のときの CPU の利用率は平均 5%, 30 台のときは平均 10% であった。

また, 侵入検知機能稼働により携帯電話への通知システムが起動したときのシステム状態を調査した。測定は 5 秒間隔で 1 分間行い, 測定開始 40 秒後に侵入検知機能を稼働した。測定した 1 分間の画像サーバのディスク I/O を図 11 に, CPU の利用率を図 12 に示す。グラフより携帯電話への動画画像作成時は CPU 利用率が 50% 近くまで達することから CPU に負荷のかかる機能であることが分かる。本システムでは現在検知システムを 1 セットしか使用していないが, 侵入検知機能は受信メールをもとにした逐次処理のため複数センサを設置した場合, 通知時間が数十秒遅れるが

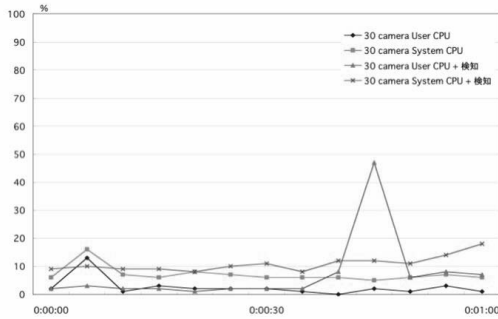


図 12 CPU 利用率 (侵入検知発生時)

Fig. 12 Usage of CPU (detecting illegal entry).

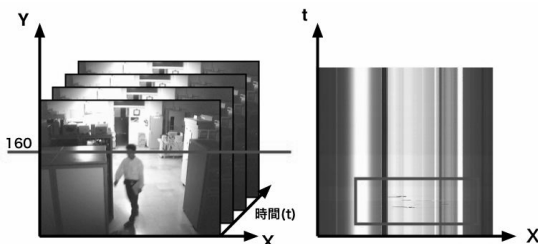


図 13 時空間画像

Fig. 13 Spatio-temporal image.

CPU 利用率はセンサの数に関係なく同程度であると考えられる。本サーバでは十分処理可能な範囲である。

これらの調査結果から 30 台程度のカメラではサーバのリソースに十分余裕があることが確認できた。本システムにさらにカメラ追加でき、CPU 稼働率の高い動画生成機能を分散することにより安定した運用が行えると推測される。

6.3 今後の課題

複数のカメラから 24 時間撮影された画像は大量であり、この中から重要な画像を短時間で探すのは難しい。そこで、蓄積された画像のみから重要な画像を短時間で検索するシステムを開発する必要がある。時空間画像を使ってこれらを解決することが可能であると考えられる。

時空間画像¹⁴⁾ は、1 台のカメラで長時間撮影された静止画像を空間の 2 次元と時間の 1 次元で 3 次元ボリュームと考え、これを時間軸に平行にスライスし時間経過とともに撮影画像の変化を示す画像である。時空間画像の例を図 13 に示す。本システムでは固定カメラを利用しているので壁や床等の静止物体はつねに撮影画像上の同じ位置に表示される。したがって時空間画像からの動物体検知が可能である。

さらに、入退室管理システム¹⁵⁾ や顔画像認識システム¹⁶⁾ 等と組み合わせることにより、総合的な監視

システムとすることが今後の課題である。

7. おわりに

本論文では、ネットワークの整備された学校等において大規模監視カメラシステムを従来の方式よりも低コストで構築・運用できるシステムについて述べた。また、そのシステムを実際に構築し、運用した事例について述べた。

本システムは実際に既存のネットワーク回線、汎用の PC、30 台以上のネットワークに接続可能なカメラを利用して構築し、現在運用している。つねに過去約 1 週間分の画像が蓄積された状態で運用しており、これらの画像はシステムを止めることなく、Web ブラウザを利用して検索が可能である。さらに異常検知時には、異常場所が映っているカメラの画像から自動的に異常の起きた前後の動画像を作成し、携帯電話に通知するシステムを開発したことにより、第 3 世代携帯電話で異常が起きた前後の動画像を確認することを可能とした。電話が通じるところならば管理者がどこにいてもよいことになり、運用面でも管理者の負担を大幅に軽減するものとなった。

また、本システムは施設内の監視を目的に構築されているが、監視場所が固定されており、監視対象が高速に移動しない植物の成長記録等でも利用可能である。

今後さらなるカメラの増設や他システムと併用することにより、システムの信頼性向上が可能であり、運用を続けながら今後もさらに開発を進めていく。

参考文献

- 1) ビクター CCTV システム。
<http://www.jvc-victor.co.jp/pro/cctv/>
- 2) 三菱電機 CCTV システム。
<http://www.mitsubishielectric.co.jp/cctv/>
- 3) 松下電器産業ネットワークカメラ製品。
<http://panasonic.biz/products/sec.moni/index.html>
- 4) アクシス (Web カメラ)。
<http://www.axiscom.co.jp/>
- 5) 松下電気産業 BB-HNP11。
<http://panasonic.biz/netsys/netwcam/lineup/hnp11.html>
- 6) 北海電工 IP-CAM。
<http://www.hepco.co.jp/souken/img/ip-cam3.pdf>
- 7) ビクターディスクレコーダー。
<http://www.jvc-victor.co.jp/pro/cctv/products/disk/index.html>
- 8) Helix Server。
<http://www.jp.realnworks.com/products/>

media_delivery.html

- 9) Microsoft Windows Media サービス 9 .
http://www.microsoft.com/japan/windows/
windowsmedia/distribute.aspx
- 10) MPEG-4 規格 . http://www.m4if.org/
- 11) アップルコンピュータ QuickTime Streaming
Server . http://www.apple.com/jp/quicktime/
products/qtss/index.html
- 12) 3gp 規格 . http://www.3gpp.org/
- 13) 3gp2 規格 . http://www.3gpp2.org/
- 14) Bolles, R.C., Baker, H.H. and Marimont,
D.H.: Epipolar-Plane Image Analysis: An Approach
to Determining Structure from Motion, *International Journal of Computer Vision*, Vol.1, pp.7-55 (1987).
- 15) IBM 入退室管理システム .
http://www-6.ibm.com/jp/gto/feature/chance/
service/10b.html
- 16) 山口 修, 福井和広: 顔向き表情変化にロバスト
な顔認識システム Smartface, 電子情報通信学会
論文誌 D-II, Vol.J84-D-II, No.6, pp.1045-1052
(2001).

(平成 16 年 7 月 8 日受付)

(平成 17 年 2 月 1 日採録)



古谷 雅理 (学生会員)

2002 年東京農工大学工学部情報
コミュニケーション学科卒業 . 2004
年同大学大学院博士前期課程修了 .
現在, 同大学研究生 . コンピュータ
グラフィックス, 画像処理の研究に

従事 .



櫻田 武嗣 (正会員)

1998 年東京農工大学工学部電子情
報工学科卒業 . 2000 年同大学大学院
博士前期課程修了 . 同年通信総合研
究所研究員 . 2003 年東京農工大学大
学院博士課程修了 . 工学博士 . 現在,
総合情報メディアセンター助手 . 対話型電子白板, 広
帯域ネットワークを用いた遠隔会議, モーションキャ
プチャシステム等の研究に従事 .



瀬川 大勝 (学生会員)

1998 年東京農工大学工学部電子
情報工学科卒業 . 2000 年同大学大
学院工学研究科・電子情報工学専攻
博士前期課程修了 . 現在, 同大学院
生物システム応用科学教育部博士後
期課程在学 . 画像処理の研究に従事 .



萩原 洋一 (正会員)

1979 年東京電機大学卒業 . 同年東
京農工大学工学部数理情報工学科技
官, 1989 年情報処理センター助手,
1995 年総合情報処理センター講師 .
現在, 総合情報メディアセンター助
教授 . 主として情報ネットワーク, 情報システム運用
技術, 情報教育の教育と研究に従事 .