

共有ビデオカメラによる 遠隔観察システムの設計と考察

峯尾 淳一

慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科

汎用外部インタフェースによる遠隔制御が可能な、自動追尾機能付きパン・ティルター一体型ビデオカメラを利用した、広域ネットワーク経由の遠隔観察システムの初期設計と実装を行なった。

制御には広域ネットワークを経由し、事象を遠隔ビデオカメラによって視覚的に観察することが可能である。より容易なアクセスを可能とする汎用性をもたせるため、サーバ・クライアントシステムにはWWW(World Wide Web)のインタフェースを利用し、ユーザはアプリケーションを透過的に入手しアクセスを実行することが出来る。クライアント側の制御および表示のためのグラフィカルユーザインタフェースにはJava言語を用いた。

また、ネットワークを経由した複数同時制御要求に対するアクセススケーラビリティや制御優先度決定プロセスについての考察と、その問題解決の一方について、本論文では実験的に運用した統計結果なども交えて述べる。

Design and implementation on telemetric monitoring systems using network connected automatic tracking videocameras.

Jun'ichi Mineo

Keio University, Graduate School of Media and Governance

We have designed and implemented a generic external interfaces for telemetric monitoring via a network connected cameras under distributed Internet environment. Telemetric monitoring system uses Automatic tracking videocameras which has moving pan/tilt functions that are controllable via external RS232C interfaces. Cameras can visually monitor the remote environments. For a easeir and generic access, WWW (World Wide Web) as a server-client interface is used for the controlling mechanism. Clients can easily access and control the cameras transparently. GUI,Java(tm) is used for a client interface. We also propose the policy and scalability problems in camera access scheduling under multiple access. Some statistics and investigation is shown with the investigated system implementation.

1 背景

大規模災害が発生した場合、現地の医者の数が少なく病人の治療が追い付かない場合がある。火山が爆発したとして、その火口の状況を遠く離れた場所にいる専門家が知りたいと思うが、到着するまでに時間がかかる。このような際に、もし遠隔から容易に現場の視点を操作することが可能になれば、現場に出動することなく、事象を「観察」し助言を与えることができる。

観察するためには、その状況を詳しく知る必要がある。また、詳しく知るためのインタラクションを行うためにリアルタイムの環境情報を入力する必要がある。そのためには、観察の視点となる映像や音声が不可欠である。もちろん、視点の移動や遠近望遠をはじめとして、情報ソースへのインタラクションとフィードバックも必要となる。このような機能とシステムを容易に、しかも現実的に達成させようとするのが本研究の大きな動機である。そのためクライアントツールとして、インターネットで汎用的になってきた WWW ブラウザを利用する。

WWW の拡充と共に情報に対する需要も拡大し、蓄積型の情報だけでなく、新鮮な情報としてのリアルタイム映像なども要求されだしてきた。そこで、そもそもは双方向テレビ開発を目的にしていたという Java 言語の登場に伴い、Java 言語によるアプリケーション開発が効果的であると判断し、本システムでも採用した。Java 言語アプリケーションのサポートは、各種オペレーティングシステムへの移植が発表されており、プラットフォームに依存しないユーザインタフェースを構築することが容易となった。

本稿ではこれらのシステムを用い、映像と制御信号の送受信を行なうサーバ・クライアントアプリケーションを設計・構築した。さらにこれらの利用に関し、ネットワーク通信上での問題点や、デバイス制御に関する問題点を述べている。

2 ネットワーク通信

WWW は httpd による TCP で確立されたコネクションを利用する。このコネクションの他に、映像を送出するためのものと制御信号を送出するため、本実装アプリケーションでは別のコネクションを張る。映像の送出手は httpd によ

る TCP/IP に固定してある。制御信号に関しては以下の理由で標準では UDP/IP に設定している。

- 全体としての動作速度を優先する
- 全体としての動作安定性を優先する
- 伝達信頼性はそれほど重要としない

しかし、社内からのアクセスなどに伴う Firewall 等の存在により、特異な UDP ポートが塞がっている場合がある。このため本実装では、全ての制御信号を httpd に準拠したものでも送出可能な設計になっている。このような実装は、既存の WWW ブラウザ等でアクセスするだけで、コネクションのことは気にせずアクセスすることが将来的に可能となる。Java によるコネクションでは、今のところマルチキャスト通信を処理することは出来ない。(対応させるためのパッチは一部サイトから公表されている。) オペレーティングシステム的には、Windows95 等も含めマルチキャストを扱えるスタックとなっているため拡張の余地があり、Java がマルチキャストにも対応することになれば、ダイナミックなユニキャスト・マルチキャスト設定の変更も可能となる。しかし、セキュリティの問題を考慮すると、あまりユーザへ透過的なサービスを提供することが全て正しいとは言いがたい。実際、セキュリティが高いと称する Java の実装規格では、オリジナル「クラス」が置かれていたホストとのコネクション以外は拒否されることになっている。これがマルチキャストを阻害している要因でもあるが、不正にローカルファイル入手されたりデータを送信されたりしないためには必要なことである。

3 サーバシステム

本研究の特徴の一つに「自動追尾型ビデオカメラ」[1]を採用したことが挙げられる。自律的にパン・ティルト付きビデオカメラ自身が、対象とした物体を可能な限り追尾可能である。もちろん遠隔からのビデオカメラ制御も可能である。この機能は、無人な状況でも対象を自動追尾し、常に最適対象映像を捕獲すること、及び遠隔操作による制御を利用者に提供することを可能としている。

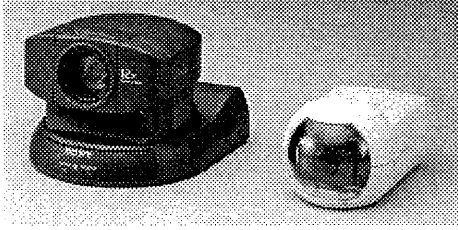


図 1: ソニー EVI-D30(左) と EVI-G20(右)

一般にインターネットでライブ画像を提供する際には、映像フレームレートが極端に落ちる。それに反比例するように各フレームごとのアングルの重要性が高まる。

遠隔ネットワーク通信では通信遅延が潜在的に生じるため、この遅延による操作の支障を出来る限り回避することが要求されつつある。この自律的追尾システムでは、この問題等に対しても有効な解決策の一つであると考えられる。

この自律性を活用することにより、ビデオカメラのデバイスは一つであるのに対し、利用要求が複数同時にあった場合にどのような処理をするかというスケーラビリティ問題にも、カメラの意志を優先させるなどの選択肢が与えられることとなる。

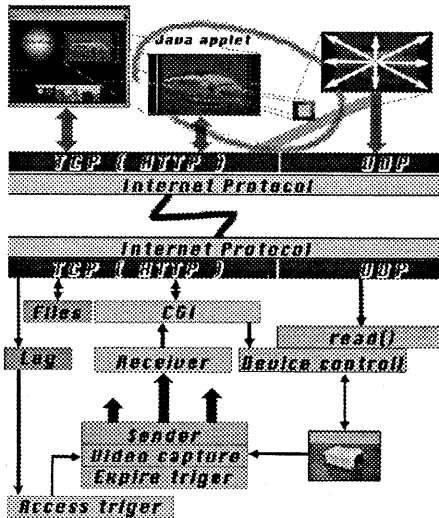


図 2: システム構成図

3.1 リモートカメラデバイス制御

通信ネットワーク上で遠隔制御を行なうことは、デバイスは一つしかないのにも関わらず、制御要求は多種複数発生することになる。その要求と条件を双方満たさなければならないが、複数の利用者要求を完全に満たす事は不可能である。例えば、「最も望遠で左側を撮影しろ」という要求と「最も広角で右を撮影しろ」という要求は同時に満たせない。広角撮影と半導体画像処理を利用した疑似的可動撮影カメラがあるが、その場合は撮影可動角は限られ、また画質は低くなってしまふ。さらに、アクセスが集中しても完全なハードウェア依存になってしまふ。デバイス制御に関する課題点を以下に述べる。

3.1.1 デバイス制御の連続性

物理カメラデバイスを制御するため、交通信号灯のように突然状態が変わることは出来ない。遠近望遠ズームの移動時間や、パン・ティルト台の可動時間が加算される。そのため、制御要求もスケーラビリティを考慮すると相対的方向指示や相対望遠率による制御方式が望ましい。絶対位置による制御方式も、FIFO(First In First Out) 式による制御などにより達成は可能であるがスケーラビリティに追い付けないことは自明的である。

3.1.2 制御権の設定

本稿内でのスケーラビリティとは、複数同時アクセスを受理することである。しかし、全ての要求が満たされるとは限らない。全ての要求の中から任意のプライオリティに従ってある要求を抽出し、それを優先して実行することをプライオリティ処理とする。これも全てのプライオリティが同じ場合には、全ての要求が満たされるとは限らない。このような条件を踏まえて、いくつかの制御権について考察する。

1. 時間予約制御

任意時間における制御権を予め割り振っておくものである。いつ、どのように割り振るかの最適化は、対象場面ごとに異なってくる。スケーラビリティは少ないが、制御に関しての確実性・信頼性が高い。

2. 多数決定制御

任意単位時間ごとに、最も要求が多かった制御に関してのみ実行する。十分なスケラビリティを持つが、排他的制御性が大きくなり信頼性は落ちる。

3. 緊急・絶対制御

デバイス管理者用などの、絶対的優先度を持った指示制御である。機器の異常などが発生した場合に必要である。これにはパスワードなどを設け実行を制限する必要がある。

3.1.3 コラボレーション制御

上記のように、デバイス遠隔制御においては、制御信頼性とスケラビリティは相反するものである。そのため、これらを融合した制御を提案する。

デバイス操作を時間予約制度にした場合、制御権を持つ A が更に見たい事項が発生した場合でも、次の制御者へ移行しなければならない事があり得る。遠隔制御による映像が共有されたものであるとした場合、前制御者の制御が、その時点での「最適な視点」であった場合は、特に多人数での共有観察の場合、その視点を継続させるべきであるがタイムアウトで制御が打ち切られてしまう。これが時間予約制度の弊害である。

もし、次の制御者が前制御者と物理的に同じ場所にいたら、「継続」してその制御をしよう。それは制御者同士が口頭や合図により意志を伝えるからである。

そこで本稿ではネットワークを用い、この意志伝達するためのコミュニケーションのマルチメディアコネクションを提供することにより意志を伝達することを提案する。

また、制御権の委譲時間が訪れると、制御制限が緩和され一時的に多数決定制御に移行する。その時点で、次の制御者だけでなく他の制御希望者等が要求を送り込み、最適な視点を導き出す。この際に、ナビゲータとなる教師的役割分担の者がいれば、絶対制御によって視点を移動させる。この間の制御変移においては、マルチメディア通信によって会話等によるネゴシエーションが行なわれている。その後、制御権が完全に次回制御者へ移行し、任意の観察を行なう事ができる。

これによって、時間予約制度の問題点を解決すると同時にその信頼性も維持しすることができる。また、任意時間ごとに他の参加者の意志を受け入れられるスケラビリティに対応した時間を設けるので、より効果的なデバイス利用ができる。本実装においては、会話によるネゴシエーションではなく文字会話によるネゴシエーションを Java により付属実装している。

3.1.4 本実装による実験での制御方法

上記の考察を踏まえた評価実験は十分な検討が出来なかったため出来なかった。全く時間予約性を考慮しない、単純な随時要求受け付けモデルとなった。但し、管理者の制御用として、緊急性のある制御信号の認識と動作機能を確保することにした。また、原則的には自動追尾モードで運用させる方針で実験した。

3.2 画像キャプチャリング

Java のネットワークインタフェースを利用し、リアルタイム映像を送信することを可能としている。一般的な WWW によるリアルタイム画像の送付では、映像を一度画像ファイルとして保存した後に、それを提供していた。そのため、更新する度にディスクアクセスが必要となり、リアルタイム性を高めるためには常にディスクアクセスを余儀なくされていた。また、ファイルとして提供するためにローカルディスクや NFS 等による接続性を持ったマシン内でビデオキャプチャリングを行なわなければならなかった。

本実装では、このようなファイルへの一時的回避という手段でなく、ビデオキャプチャリングした高フレームレートの映像は、常時マルチキャストでネットワーク上へ送出する。WWW から映像へのアクセスが発生した場合には、この送出された映像を WWW サーバにて受信し、それを転送するのようクライアント側へ再送出している。これによって原理的にはディスクへのアクセスがなくなるばかりか、ビデオキャプチャリングマシンと WWW サーバの関係はマルチキャストで通信可能な範囲ならば制限はなくなった。これによって集中アクセスに対する分散処理が可能になった。

4 クライアントシステム

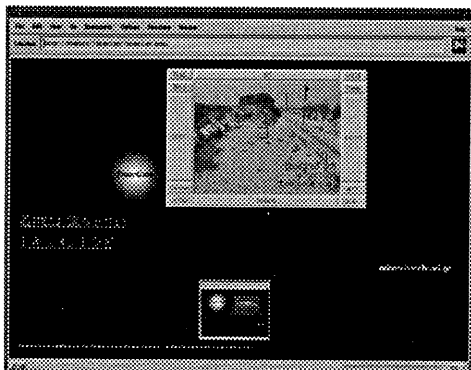


図 3: アプリケーション参考例

グラフィカルユーザインタフェースとして、多機種への実装がされており汎用的な Java 言語アプリケーションをサポートした WWW ブラウザを利用する。今回の評価実験までには、以下の機能全てを実装することは出来なかった。

4.1 ユーザインタフェース

ユーザインタフェースとして本システム遠隔利用者に還元すべきデバイス情報について以下に列挙する。実装はされていない。

1. 映像の自動受信
テレビジョンのように、リアルタイムに映像を表示する。
2. 遠隔制御
カメラの機能制御を行なえるようにする。
3. ステータス情報のフィードバック
カメラの絶対位置・方向情報などをサーバはデバイスより獲得し、クライアント側はユーザに対しワイヤーフレーム等で視覚的に立体表示させる。
4. 望遠比率
ワイヤーフレームのサイズで表示する。
5. 利用者(アクセス平均)数
数値またはグラフにて表示する。

6. ネットワーク状態
仮想コンソール等にてグラフ表示する。
7. アクセス制限
接続の無意味な継続は、他の利用者に悪影響を与えるためエキスパイヤー又はマウスの動き検知によるアクティブ検知などを施す。
8. 被写体への配慮
アクセス情報を音声にて告知し、無断で覗かれるなど不安を取り除く。
9. 予約制
優先予約期間を設ける・プライオリティをつける等。
10. ダイナミック動作速度設定
アクセス数が増加したら動作速度を落とし、負荷を落とし急な動きを避け円滑な動きにする等の機能をつける。
11. カメラ制御要求達成確率表示
制御を希望した内容の達成確率をリアルタイムに表示する。制御内容によっては、それが達成されない場合がある。これが連続すると、制御に関する信頼性が低下することになる。そのため、予めユーザの制御の段階で、該当する制御内容についての制御要求達成確率を表示する必要がある。それによって、制御信頼性の連続低下を避ける。
12. 制御遅延対策
デバイスの移動時間による遅延時間を考慮した設計を行なう。ユーザにはその時間を意識させないインタフェースを提供することを目標とする。
13. 曖昧さ
実際の運用では、マシンの負荷や諸状況から全ての制御が予定通りに処理出来ない可能性もある。そのため、システム全体として若干の曖昧さを加えることで、ハングアップなどの危機的停止状況を避ける。特に制御権に関しては、適度に制御要求を落とすという意味での曖昧さを持たせる工夫をする。

4.2 コミュニケーション支援ツール

WWW のインタフェースを用い、音声によるコミュニケーションを行なうことは現在のところ難しい。そのため文字情報による会話を可能とするツールを実装し、それを用い制御者間のコミュニケーションを図る。

5 実装・評価

以上の設計に基づいた仮実装を行ない、本年2月24日に都内で行なわれたあるネットワークイベントにおいて実験を行なった。

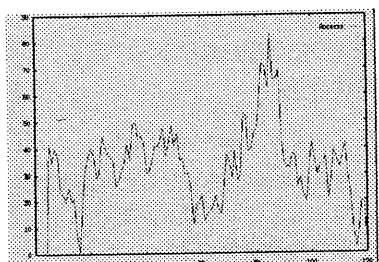


図 4: アクセスグラフ

5.1 アクセス統計

図4で示す通り約8時間で176の異なるホストからのアクセスがあり、左右上下および望遠・広角制御機能を利用した。図5の通り、殆どの制御が左右に関するものであったことは、ユーザインタフェース上の目立つ位置に左右制御スイッチをつけたためであろうと推測される。望遠及び上下制御はマウスによってドラッグする形式をとったのだが、そのインタフェースはあまり利用されない結果となった。

また図6で示されるように、クライアント自身が一定時間ごとに映像送出をサーバへ要求するためサーバは映像をhttp経由で送出するが、その完全な画像情報の到達時間よりも要求インターバルが短かったため、httpdが送出をabortしてしまうことが発生した。原因は広域ネットワークによる伝送遅延と、クライアントマシンの性能が十分でなく映像を表示するまでの時間がかかったことにあった。同時にサーバー側の処理能力も瞬間的に30ホスト近くがアクセスしていたため、十分対応しきれたとは言いがたい。これらの複合条件が重なり、結果としてエラーが多発してしまった。ネットワーク接続状

況が良好の場所でのクライアントは、5秒前後での映像更新を行っていた。

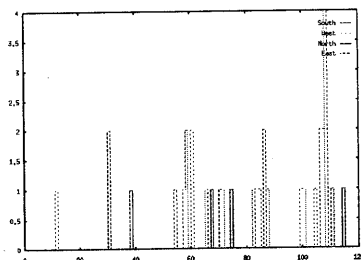


図 5: 制御方向別アクセスグラフ

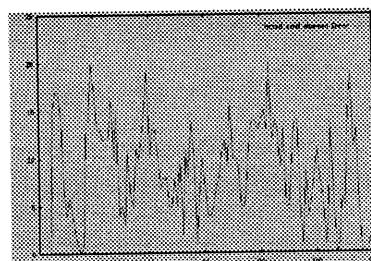


図 6: アボート発生状況グラフ

6 まとめ

広域ネットワークにおいてビデオカメラ制御を共有することに対する問題点と、そのサーバ・クライアントシステム及びユーザインタフェースについて考察してきた。ハードウェアによる自動追尾機能を内蔵したカメラが登場したことは、本稿のシステムのような広域ネットワークなどでの低フレームレートでの映像送出システムでは難しかったビデオカメラの遠隔操作性に、新たな応用可能性を提供することになった。これが放送と通信の融合に向けたアクティビティの一つになることを願いたい。

本研究を進めるにあたって WIDE インターネット関係諸氏、実験の機会を提供して頂いた日本電信電話株式会社殿、ビデオカメラ機材をお貸し頂いたソニー株式会社殿に感謝致します。

参考文献

- [1] <http://www.sony.co.jp/CorporateCruise/News/96B-040.html>