

# 高度情報通信危機管理研究施設の構築

## (2) 研究施設間接続方式の設計と実装

大野 浩之\*      山崎 靖博†      松本 文子\*      三輪 信介\*

本報は、「高度情報通信危機管理研究施設の構築」の第2報である。独立行政法人通信総合研究所情報通信部門非常時通信グループでは、これまでに「情報通信危機管理研究施設」を整備してきた。本報告では、危機管理に伴う意思決定を支援する機能を持つ「高度情報危機管理研究施設」の研究施設の相互操作や同時操作が可能な研究施設接続システムの設計および実装を行った。また、この研究施設接続システムを利用した、研究施設の連携性の検証を実施したので報告する。

## Constructing of the Integrated Telecommunication Crisis Management Research Facility

Part2: A design and implementation of the Inter-laboratory connection system.

Hiroyuki Ohno ‡      Yasuhiro Yamazaki§      Fumiko Matsumoto‡  
Shinsuke Miwa‡

Emergency Communications Group, Communications Research Laboratory (ECG/CRL) has been developing the facility for the Integrated Telecommunication Crisis Management (ITCM) since 2001. We have conducted a potential design and implementation of the Inter-laboratory connection system for mutual and simultaneous operation regarding ITCM research facility that has decision making function for crisis management. This reports the examination of research facility's interoperability.

### 1 はじめに

第1報ほか [1][2] で報告したように、通信総合研究所に整備した高度情報危機管理研究施設は、情報通信システムの危機管理の重要性を強く意識した研究者集団によって設計実装され運用されている施設である。この研究者集団には、日頃から事案情報の蓄積と分析を実施しつつ、それに必要なシステムの研究開発も行い、万一の事態に際しては、適切な対策を短期間に立案する体制の構築が求められている。

この要求を満たすには、既に複数箇所に存在する情報通信危機管理研究施設の機材を効率よく遠隔操作する連携オペレーション機能と、複数の研究施設が蓄積している情報を相互に効率よく伝達交換できる機構が必要になる。情報の交換が速やかに実施できれば、実際の危機管理にも適用可能な、水準の高い迅速な意思決定が可能な施設となる。

筆者らは、情報通信危機管理研究施設を有機的に結合する研究施設間接続を、従来の TCP/IP ネットワークに加えて、後述する KVM over IP 装置と KVM スイッチを使うことで実現できると考えている。そこで、本方式に則って研究施設相互接続システムを設計と実装を行い、オペレーションが実際に可能か否かの基準になるデータを取得するために評価実験を行った。

\*独立行政法人 通信総合研究所 情報通信部門 非常時通信グループ

†KDDI 株式会社 ソリューション技術 1 部 1 グループ

‡Emergency Communications Group, Communications Research Laboratory, Japan

§Engineering Section 1, Solutions Design Department, KDDI CORPORATION

## 2 研究施設間相互接続システムの設計と実装

### 2.1 システムの機能要件

複数の研究施設の設備を連携させながら運用管理する際の複数のオペレータ (操作担当者) の協調作業を支援し、オペレータが研究所内にいる場合はもとより、それ以外の場所においても研究施設の運用管理を確実に実施する機能が、研究施設間相互接続システムには必要である。

研究所外からの運用管理 (以下、モバイル運用管理) に配慮すると、オペレータはノートパソコン1台のみを使って、通常の運用管理はもとより、パソコンの BIOS 設定変更や、ハングアップ時の強制再起動といった操作も行えなければならない。近年のノートパソコンは、処理能力の点では問題はく、モバイル運用管理を行う場合の最大の問題点は、作業に必要な通信速度が得られるか否かである。

上記をもとに、研究施設間相互接続システムに必要な機能を列挙すると下記ようになる。

- 任意の研究施設のパソコンのコンソールにアクセスでき、ハングアップ時の対応や BIOS の設定変更を含む必要な操作が行えること。
- 複数のオペレータが同時に操作に参加でき、互いの操作を閲覧したり、相互に補完しあった操作ができること。
- モバイル運用管理にも対応していること。
- オペレータの操作が第三者に漏洩しないように、セキュリティ対策が講じられていること。
- システムの異常状況を速やか検知できること。

### 2.2 システムの実装

以下では、前節でのべた機能を満たす接続システムの実装方法を検討する。

それぞれの研究施設のパソコン等の全ての機材を図1のように TCP/IP ネットワークに単に接続すれば、通常であれば必要な管理運用は何ら問題なく実施できる。しかし、それだけでは「オペレータが研究施設外にいても、ハングアップ時の対応や BIOS の設定変更を含む必要な操作が行えること」という要件を満たさない。PC アーキテクチャ以外のサーバやワークステーションなどには、シリアルコンソール

と呼ばれる機能が用意されていて、このような要求に対しても、本体のシリアルポートにアクセスさえできれば的確に対応できるが、大多数の PC アーキテクチャのパソコンには、シリアルコンソールの機能はなく、そもそもそのような概念もない。このため、パソコンがハングアップしてしまったり、BIOS 設定を変更するような場合には、キーボードとマウスとビデオディスプレイの信号 (以下、KVM 信号) をオペレータがいる場所まで伝送せざるを得ない。

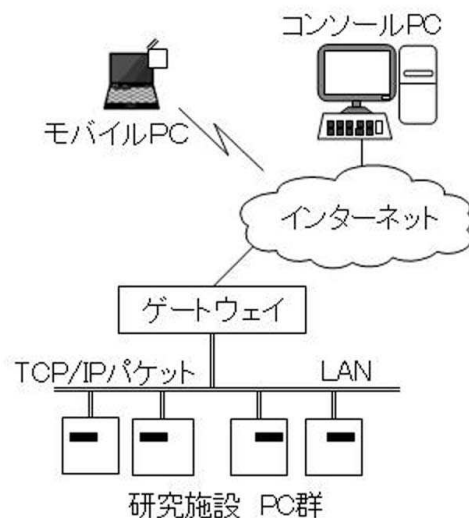


図1: ネットワークに接続された PC

第一報で述べたように、筆者らの研究施設内の全てのパソコンのコンソール (キーボード、ディスプレイ、マウスのこと。なお、これら3つを KVM と総称する) は、KVM スイッチ (CPU 切替器、PC 切替器などとも言う) を介してアクセス可能になっているので、各施設の KVM スイッチに到達できれば、他の研究施設のパソコンのコンソールにも到達可能になる。また、モバイル運用管理、すなわち移動先や移動中であってもインターネット経由でそれぞれの研究施設の KVM スイッチに到達できれば、自宅や出張先や移動中といったさまざまな場所や状況からもすべてのパソコンへのコンソールへのアクセスが可能になる。情報通信危機管理研究施設に限らず、少人数で多数のパソコンの運用管理にあたる場合には、このような機能は重要である。

上で指摘した、遠隔地にある KVM スイッチやパソコンのコンソールにインターネット経由でアクセスしたいという需要は少なからず存在し、KVM 信号を TCP/IP ネットワークで伝送する「KVM over

IP 装置」が市場に登場してきている。

KVM 信号を構成する 3つの信号の一つであるキーボードは、通常パソコン本体の PS/2 インタフェースか USB インタフェースに接続される。PS/2 インタフェースはある種の同期通信で、実質的なデータ転送速度は 10~20kbps であるが、キーボードを接続した場合、打鍵ごとに最低 3 バイト、最大で 10 バイトのデータ転送が発生するだけである。よって、仮に毎秒 10 打鍵というかなり高速な打鍵をしたとしても、発生するトラフィックはたかだか 800bps 程度となる。マウスは、PS/2 や USB インタフェースに接続する機種以外に、シリアルポートに接続するシリアルマウスが存在するが、シリアルマウスの通信速度は 1200bps に固定されている。シリアルマウスと PS/2 マウスとはプロトコルが異なるが、それを考慮しても、PS/2 マウスが発生させる通信量は十分小さい。

よって、キーボードやマウスについては、32kbps や 56kbps といった低速回線でも問題なく利用可能な “Keyboard over IP” や “Mouse over IP” は、特段の問題なしに実現可能である。しかしビデオ信号は、仮に XGA (1024dots × 726dots) サイズのモノクロ (1 階調) の画像を 1 フレーム/秒で送出する場合でも 768kbps のトラフィックが発生し、16 階調で 30 フレーム/秒だと 360Mbps のトラフィックが発生する。モノクロ階調で 1 フレーム/秒では、GUI 画面の操作が困難になる。一方、16 階調で 30 フレーム/秒なら、動画も円滑に表示できるが、360Mbps のトラフィックを許すモバイルアクセス環境は現時点では全く一般的ではない。そのため “Video over IP” に関しては、KVM over IP 装置ごとに独自の「意図的な画質低下」や「意図的なフレーム数の低減」や画像圧縮を導入し、32kbps 程度の回線速度でも必要最低限の操作が可能にしている。

なお、KVM over IP については標準化は行われていないので、特に開発元が異なると互換性はなく、KVM over IP 装置の利用するためには、装置ごとに提供される専用クライアントソフトウェアをオペレータのノートパソコンにインストールしておく必要がある。

今回は、ラリタン社製の KVM スイッチと KVM over IP 装置を使って図 2 のような構成のネットワークを実装した。

この構成の特徴を以下に記す。

- 各施設のパソコンのコンソールには、KVM over IP 装置と KVM スイッチを経由して外部からア

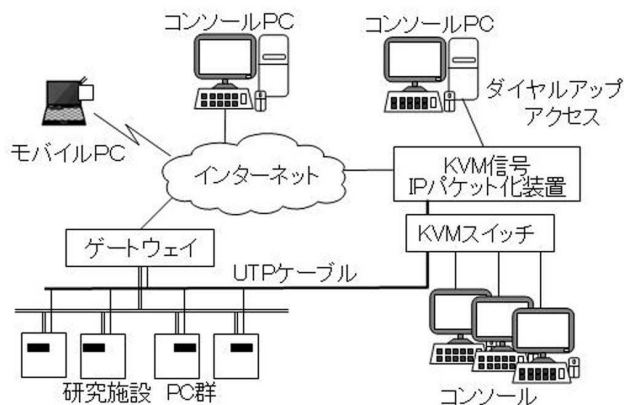


図 2: KVM over IP 装置を導入したネットワーク

クセスできる。

- 各施設のオペレータと外部からアクセスするオペレータが KVM スイッチ上で、相互の作業を確認しあったり、協調して作業したりできる。
- KVM over IP 装置の通信には SSL が利用できる。
- XGA (1024dots × 768dots) で、8bit 階調 (256 色) のビデオ信号まで転送できる。

今回は、2 種類の KVM over IP 装置を用いており、2 種類のうちの一方は、モデムを内蔵している。このため、何らかの理由でインターネットから KVM over IP 装置に到達できない場合でも、あらかじめ当該 KVM over IP 装置を電話回線に接続しておいてこれにダイヤルアップすることで、KVM over IP 装置と KVM スイッチを経由したパソコンのコンソールへのアクセスが可能になる。もちろんダイヤルアップの場合には、回線速度は遅い (伝送速度: 56kbps V.90 規格) ため高品質な動画の再生は望めないが、必要な運用管理作業は十分実施できる。

### 3 評価

今回実装した「KVM over IP 装置と KVM スイッチを用いて遠隔地の PC のコンソールにアクセスする機構」の使い勝手は、オペレータと KVM over IP 装置間で発生するトラフィックと、同区間の品質 (実質的な通信帯域やパケットロス) で決まると予想できる。

そこで、図3のような構成の評価実験系を用い、オペレータと KVM over IP 装置間発生するトラフィックについて調査した。

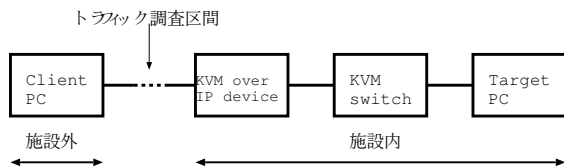


図3: トラフィック調査のための評価実験系

この評価実験系の設定と特徴は下記のとおりである。

- Target PC は、XGA サイズで 8bit 階調 (あるいはカラー) のディスプレイを持ち、PS/2 規格のキーボードとマウスを有する。
- 今回は、KVM over IP 装置には、ラリタン社製の TR360 と TR364 を使い、KVM スイッチには UMT8 と UMT1664 を利用した。TR360 は一度に一人のオペレータしかアクセスできないが、内蔵モデムを利用したダイヤルアップが可能である。TR364 は、最大 4 人のユーザがアクセスできるがモデムアクセスはできない。なお、これらを選択したのは、手持ちの機材の関係であり、今後、他社製の他機種も評価する必要がある。
- ClientPC の OS は Windows 2000 または XP を用いた。次の 3 つのソフトウェアを導入した。
  - TR360/TR364 にアクセスするための専用ソフトウェア
  - WEB ブラウザ上で、TR360/TR364 にアクセスするための専用のプラグインソフトウェア
  - TightVNC Server (後述)。
- トラフィックの測定には、ネットワークゼネラル製の Sniffer を利用した。

### 3.1 KVM over IP 装置が発生するトラフィック

Target PC として Windows パソコンを用意し、この上で Windows Media Player を用いて動画を

連続的に再生した場合の Client PC と KVM over IP 装置間のトラフィックを測定した。なお、Client PC 側では、上記の専用ソフトウェアを使用し、両者は 10BASE-T ネットワークで接続した。また、この区間では、他の不必要なトラフィックは発生しないようにした上で測定を実施した。

KVM over IP 装置は、BIOS 設定やハングアップ時の再起動など、ネットワークを介して実施される通常の遠隔操作 (脚注：UNIX であれば ssh によるコマンドライン操作や X window system のクライアントソフトウェアの遠隔実行、windows であれば遠隔デスクトップ操作など) ができない場合に、最後の手段として用いることがほとんどである。このため、あまり動きがない画面を操作することを想定して作られている。よって、KVM over IP 装置を用いて動画を再生させるのは適切な利用ではないが、ビデオ信号伝送の品質を評価するための過負荷試験として実施した。

測定結果を図4に示す。8bit 階調であるから画質は劣化するし、KVM over IP 装置によってフレームレートも低く抑えられているが、動画そのものを見るのでなければ、操作に問題はなかった。動画像も、細部までは表示できないものの、およその様子はわかる程度には表示された。この測定結果から、200~300kbps 程度の帯域が確保できれば、Client PC から Target PC を十分実用的な操作感で操作できることがわかった。

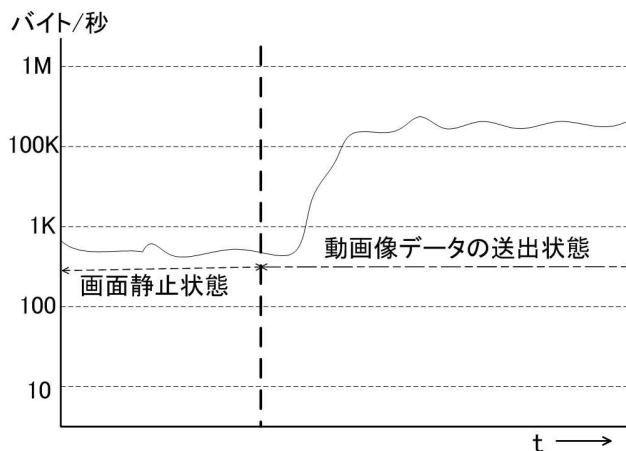


図4: KVM over IP 装置が発生するトラフィックの状況

### 3.2 遠隔操作

Client PC と KVM over IP 装置間には、原則としてインターネットまたはイントラネットが存在することを想定している。

移動先や移動中に、Client PC がインターネットを介して KVM over IP 装置にアクセスする場合には、Client PC からインターネットまでは、アナログモデム、PHS、無線 LAN などが用いられる。これらの通信速度は、Client PC を KVM over IP 装置をイーサネット直結した場合よりは速くない。また、Client PC と KVM over IP 装置間に ADSL 回線が入る場合もあるが、この場合もイーサネット直結よりは遅い。

図4の結果から、Client PC と KVM over IP 装置間のボトルネックが ADSL 回線である場合は、ほぼストレスなく利用できることがわかる。しかし、アナログモデムや PHS を用いた場合は、これだけのトラフィックを透過させることはできず、KVM over IP 装置がフレームレートと階調を自動的に低減させた。今回利用した装置の場合には、階調は、8bit color, 5bit color, 4bit color, 4bit gray, 3bit gray, 2bit gray, 1bit (monochrome) と低減させてゆく仕様になっており、56kbps では、4bit color であった。この状況では、動画の内容を認識するのは困難になるが、それでも、アイコンをクリックしたりコマンドラインを入力することは可能であった。なお、階調低減のためデザインが似ているアイコンは区別がつきにくくなった。

ルータ等の障害があって、インターネット経由では Client PC が KVM over IP 装置に到達できない場合にも KVM over IP 装置に到達できるようにするため、Client PC のアナログモデムから、KVM over IP 装置のアナログモデムポートにダイヤルアップしてアクセスする機能が、今回利用した装置の一方 (TR360) にはある。この場合、通信速度は V.90 相当になるため KVM over IP 装置は画像を自動的に 1 階調 (モノクロ画像) ないし 4bit color 程度に変換し、転送レートも大幅に下げて動作する。この環境でも必要最小限の運用管理が可能であることを確認した。

### 3.3 TightVNC の利用

今回評価した実験系では、Client PC 上で、TR360/364 専用のソフトウェアを利用した。このソフトウェアは Windows 上でしか動かないという

問題があり、Linux や FreeBSD や Mac OS を利用しているオペレータは、TR360/364 に到達できない。WEB ブラウザからアクセスする方式も用意されているが、この方法でも ActiveX を用いたプラグインが必要になるため、インストールの手間は簡便になるが、Windows でしか利用できないという状況には変わりがない。

筆者のひとは、Windows を搭載したノートパソコンを持ち歩くことはまれで、普段は FreeBSD のみをインストールしたノートパソコンを使っている。本稿で述べて来た方法では、ノートパソコンから KVM over IP 装置に到達できない。

そこで、VNC を併用することにした。VNC は、遠隔地にあるパソコンやワークステーションなどのデスクトップを遠隔操作するためのソフトウェアで、いくつかのバリエーションがある。今回は低帯域での操作性に優れているとされる TightVNC??を導入して図5のような構成にした。すなわち Client PC と KVM over IP 装置の間に Windows を搭載した PC を設置し (図では VNCserver と表記)、KVM over IP 装置へアクセスするソフトウェアはこの PC で動かし、また、この PC では TightVNC サーバも稼働させる。Client PC ユーザは、TightVNC のクライアントソフトウェアを用いて、VNCserver にアクセスする。この方法だと、TightVNC のクライアントソフトウェアさえ動けば KVM over IP 装置に到達可能である。TightVNC は簡単なプロトコルで TightVNC サーバとクライアントが通信し、多くの OS にインストールされている。もちろん、Linux や FreeBSD でも動くため、普段は FreeBSD しか使わない著者のひとりも KVM over IP 装置にアクセス可能になる。

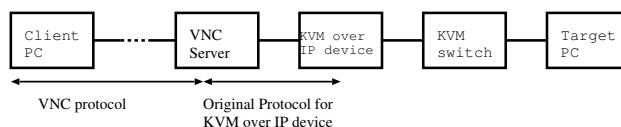


図 5: TightVNC を用いた KVM over IP 装置へのアクセス

オリジナルの VNC に比べ、TightVNC は、画像転送のデータ圧縮に優れ、なおかつ SSH トンネリングをサポートしているため、細い回線であっても効率よくかつ安全に遠隔地のデスクトップにアクセスできる。Tight VNC は、XGA サイズで 8bit 階調の画面を 32kbps 程度の回線で全画面を再描画さ

せても 3~5 秒程度で描き切る。何の圧縮もしないでこの画面を 5 秒で送るには 1Mbps を越える回線速度が必要なので、効率よく圧縮できているといえる。TightVNC の活用は、今後も続ける予定である。

## 4 今後の課題

高度情報通信危機管理施設を有機的に結合し、実際の危機管理等に投入するには、オペレータの連携をいっそう支援し、相互の意思疎通、決定をより確実なものにする必要があると同時に、研究施設相互接続システム自体の的確な管理が必要である。特に停電を含む障害発生時の研究施設相互接続システムの遠隔監視や自動あるいは半自動復旧についてはその手段を十分に検討する必要がある。また、本施設の運用や情報のやりとりを、いっそう安全・安心・確実なものにするための、セキュリティの一層の強化を現在模索している。安全性の確保のための対応とその評価については、一連の報告とは別に報告する予定である。

## 5 おわりに

筆者らは、通信総合研究所に設置した高度情報通信危機管理施設を相互に接続する方式を検討し、研究施設接続システムの設計と実装、および研究装置を利用した連携オペレーションについて評価を行った。

この検証実験結果から、KVM スイッチまでの通信経路において、コマンドオペレーションの応答速度などを勘案した場合に、数 10kbps 程度の帯域であまりストレスなく利用できることがわかった。また、動画も階調とフレームレートの低減が行われるが、何が表示されているかがかろうじてわかる程度には表示できることがわかった。

情報通信危機管理研究施設には、最大で 16 人のオペレータが同時に業務を行う。この時、全員が所外にある KVM over IP 装置にアクセスした場合、全員が動画を見る場合でも総トラフィックは 3Mbps 程度であり、現実的な遠隔地の PC のデスクトップを操作するといった形態の場合には、1Mbps 程度の対外接続線でも十分に実用的であることがわかった。また、モバイル運用管理を行う場合は、32kbps 程度の低速な回線でも最低限の操作が可能であることを確かめた。

第 3 報においては、研究施設と研究施設相互接続

システムを利用した、危機管理対応記述システムの導入およびこれを用いた演習の構築と運用について報告する。

## 参考文献

- [1] 大野 浩之, 松本 文子, 山崎 靖博, “高度情報通信危機管理研究施設の設計と実装”, 情報処理学会, DPS/CSEC 合同研究会, Feb. 2003.
- [2] 大野 浩之, 松本 文子, 山崎 靖博, “高度情報通信危機管理研究施設の構築 (1)KVM スイッチを核としたオペレーション室の設計と実装”, 情報処理学会, DSM 研究会, Apr. 2003.
- [3] <http://www.tightvnc.com/>