

画面転送・遠隔操作に基づく コミュニケーションツールの設計

三浦 元喜 志築 文太郎 田中 二郎

筑波大学 電子・情報工学系
〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1
{miuramo, shizuki, jiro}@iplab.is.tsukuba.ac.jp

概要

小規模のオフィスなど、複数の利用者がそれぞれ複数の計算機を使用しながら作業を行う環境において、利用者同士の情報共有・意思疎通を円滑に行う目的で、デスクトップ画面を転送したり、別の計算機を操作する機構は有益である。しかし従来の画面転送ソフトウェアにおいては、3台以上の計算機が同時に参加する環境を考慮していないため、画面転送方向を変更する操作が面倒であるなど、画面転送指示の自由度を低下させていた。

そこで我々は、複数の利用者がそれぞれ複数の計算機を利用している環境において、画面共有ならびに遠隔操作を直感的に行うためのインタフェースを設計し、画面共有・遠隔操作システム“comDesk”を実装した。本システムは、画面転送方向の自由度を高めるためサーバ・クライアントを区別しないPeer to Peer 技術を利用した。また、ドラッグ操作による転送方向の指定を可能にしたほか、画面転送状況を一覧表示する機能や、転送中の画面を転送元計算機の利用者が調整できる機能を実現した。これらの機能により、グループ間での画面転送・遠隔操作に基づく円滑なコミュニケーションが期待できる。

Design of a Communication Tool based on Transferring Screen Images and Remote Operations

Motoki Miura Buntarou Shizuki Jiro Tanaka

Institute of Information Sciences and Electronics, University of Tsukuba
1-1-1 Tennodai, Tsukuba, Ibaraki, 305-8573 JAPAN
{miuramo, shizuki, jiro}@iplab.is.tsukuba.ac.jp

Abstract

Remote display system, which allows users to view a desktop image and to control a remote machine, can be valuable for small group communication in which each member is operating several machines. However, conventional server/client based remote display systems have not been considered for group communication or multi-machines environment. Most of these systems restrict a direction of transferring from server to client. Switching the direction of transferring may requires several procedures. Moreover, settings of server host tend to be troublesome.

We propose a design for a group communication tool based on remote display system with natural and intuitive interface. We have implemented a system “comDesk,” which utilizes P2P (peer to peer) mechanism to fit for group communication. P2P mechanism minimizes the users’ setting burden with autonomous configuration and reduces restriction of transferring directions. comDesk provides a visual interface, which users can specify both the source host and the destination one freely, with simple dragging operations. Transferring session can be managed by owner of the source host. comDesk will enhance small group communication based on sharing desktop images.

1 はじめに

高性能かつ小型で可搬性に優れた計算機が入手しやすくなったため、個人が複数台の計算機を使用する機会は増加している。そのため、小規模のオフィス等では、複数の利用者がそれぞれ複数台の計算機を使用しながら作業を行うことも珍しくない。このような環境においては、個人が使用する計算機間の情報移動に加えて、利用者同士の情報共有・意思疎通を手軽に行えることが望ましい。このための手段として、メールやチャット、インスタントメッセージなどが主に用いられているが、これらは文字情報が中心であるため画像など文字情報以外の情報は共有しづらい。

我々は、利用者間が作業情報を手軽に共有するための手段として、計算機の画面転送と遠隔操作に着目している。画面転送と遠隔操作を容易に行えるようにすることによって、初心者が計算機のトラブルの解決法を熟練者に尋ねたり、不慣れなソフトウェアの使用法を教えるといった行為を円滑に行うことができる。

画面転送・遠隔操作に関連するソフトウェアとしては VNC (Virtual Network Computing)[1] や、市販のパッケージソフトウェア [2, 3] などがある。近年では OS の標準機能としても提供されるようになるなど、一般に広く普及し利用されつつある。しかし、既存の画面転送・遠隔操作ソフトウェアは、基本的に 2 台の計算機間における通信を前提に設計されているため、3 台以上の計算機が参加する場合について、あまり考慮されていない。

そこで我々は、3 台以上の計算機が参加する場合に要求される点として、(1) 簡潔かつ自由な画面転送指示 (2) 画面転送状況の把握、の 2 点を挙げ、これらを解決するための方法について議論する。

2 参加計算機数の増加に伴う問題点

2.1 簡潔かつ自由な画面転送指示

手軽な画面転送を実現するためには、画面転送の指示を容易に、しかも自由な方向で行えることが望ましい。しかし、サーバ・クライアントを区別する既存のソフトウェアは、多数の計算機を扱う際の転送指示が煩雑になることに加え、転送方向を自由に指定しづらくなる。

画面転送を行う場面として、「他人の画面を見たい」場合と「自分の画面を他人に見せたい」場合の 2 種類が考えられる。サーバ・クライアントを区別する画面転送・遠隔操作ソフトウェアの場合、この 2 種類の類似した操作について、それぞれ異なる操作が必要となる。VNC の場合、ビューア側が転送を要求する場合と、サーバ側からビューアを指定して転送を開始する場合では、ビューアの「起動モード」ならびに「起動する順序」を変更する必要がある。ビューア側からサーバ側に転送を要求する場合、(1) 転送元ホストでサーバを起動する。(2) 転送先ホストでビューアを起動する、という手順をとる。逆にサーバ側からビューア側に接続する場合、(1) 転送先ホストでビューアを Listen Mode にて起動する。また、転送元ホストでサーバを起動した状態にする。(2) 転送元ホストにて、サーバの Add New Client 機能を用いて転送先ホストを指定する、という手順をとる。この煩雑さの原因は、サーバ・クライアント方式を採用し転送元ホストと転送先ホストを固定することを前提としていることにある。商用のソフトウェアにはサーバ側のライセンスに制限を設けて、このような非対称の構成を採用していることも多い。

また、参加する計算機が 2 台 (A, B) の場合、考えられる画面転送パターンは (A → B, B → A) の、わずか 2 通りであるが、3 台の場合は 6, 4 台の場合は 12, n 台の場合は $n(n-1)$ というように、計算機の台数が増加するにつれてパターン数も増加する (図 1)。そのため、参加計算機数が増加する場合には、サーバ・クライアントを区別する方式をとらないことがシステムの自由度と簡潔性を同時に高める上で望ましい。

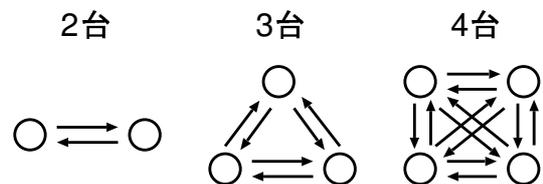


図 1: 画面転送パターン数の増加

2.2 画面転送状況の把握

基本的に 2 台の計算機間で通信を行うことを前提としている画面転送・遠隔操作ソフトウェアにおいては、転送元ホストの利用者に対して、「現在どのホストから接続されている」という情報を表示する

機能がある。しかし、複数の利用者が参加している場合に「誰が接続しているのか」といった情報を得るには、ホストの利用者を特定しなければならないため困難である。また、転送先ホストが転送画面をどのように表示しているのかといった情報は、一般の画面転送ソフトウェアにおいては把握しづらい。

3 設計方針

以上の問題点を踏まえ、我々は、複数の利用者がそれぞれ複数の計算機を利用する環境における画面転送・遠隔操作インタフェースを設計し、システム“comDesk”を実装した。本システムでは、(1) 3台以上の計算機と複数の利用者が参加している (2) 利用者は通常は個人で作業を行っている (3) 情報共有等が必要になった場合のみ通信を行う、という、グループ作業環境における利用者間の手軽なコミュニケーションを目的としている。我々は以下の3つの点：「ピアツーピアによる構成」、「接続状況の把握」および「転送後の調整機能」に着目した。

3.1 ピアツーピアによる構成

利用者が参加しやすくするために設定すべき項目を極力減らし、また複数人が画面転送方向を自由に設定できるようにすることが望ましい。そのため我々は複数人参加型画面転送・遠隔操作ソフトウェアにとっては、ピアツーピア (Peer to Peer) による構成が最適であると考えている。

ピアツーピア方式を採用することにより、「サーバを指定する」という行為が不要となるため、参加にあたっての設定項目を削減することができる。「サーバを指定する」行為は特に、一人の利用者が複数の計算機を利用しようとする場面において煩わしい。したがって、設定作業を軽減する効果は高い。

また、サーバ・クライアント方式の場合に問題となっていた、画面転送の方向に関する制限がなくなる。転送方向を利用者が自由に指定できることによりシステムの柔軟性が向上すると考えられる。

3.2 接続状況の把握

我々は画面転送・遠隔操作ソフトウェアにおいて、各ホストにおける接続・通信状況を把握できるようにすることが、利用者の不安感を軽減する点で重要であると考えている。特に転送元ホストの利用者にとっては、自分の画面がどこに、どのように転送さ

れ表示されているかを認識できることが望ましい。グループ全体にとっても、通信状況を把握できるようになっていたほうが健全であると考えられる。また、通信状況は刻々と変化する可能性があるため、転送状況はリアルタイムに分かりやすく示されることが望ましい。

3.3 転送後の調整機能

転送元ホストの利用者は転送状況を把握したうえで、画面情報の接続をいつでも遮断したり、調整できる権限を持つべきである。無論ソフトウェアを終了すれば強制的に全ての接続を遮断できるが、選択的に遮断・調整できることが不要なトラブルを避ける意味でも望ましいと考えている。また、情報提示用の共有ディスプレイが複数存在するような環境においては、提示先のディスプレイを必要に応じて切り替えたい状況が発生すると考えられるため、転送先ホストを容易に変更できる機構 (再転送機能) を有することが望ましい。

3.4 画面転送・共有機構の比較

画面転送・共有機構には、大きく分けて2つの方式が考えられる。一つは、仮想画面を想定し、その仮想画面の一部を利用者が用いる実際のディスプレイに投影する方式 [4] であり、もう一つは、利用者が用いる実際のディスプレイを単位とし、必要に応じて共有を行う方式である。前者の場合、投影する部分を選択することによって共有を一つの枠組みで実現できる利点がある。また、画面共有を前提とした作業にも向いているが、仮想画面の管理が複雑になることに加え、現在使用されている OS やソフトウェアの設計との間に大きな相違がある。後者の場合は、実際の画像処理と計算機の手配が明確である。また、個人作業が中心とした作業では仮想画面の管理も行いやすい。我々は利用者個人における作業を中心とし、容易にコミュニケーションを構築することを目指し、後者の方式を採用した。

4 画面転送・遠隔操作システム “comDesk”

先の設計方針ならびに画面転送・共有機構に基づき、我々は画面転送・遠隔操作システム“comDesk”

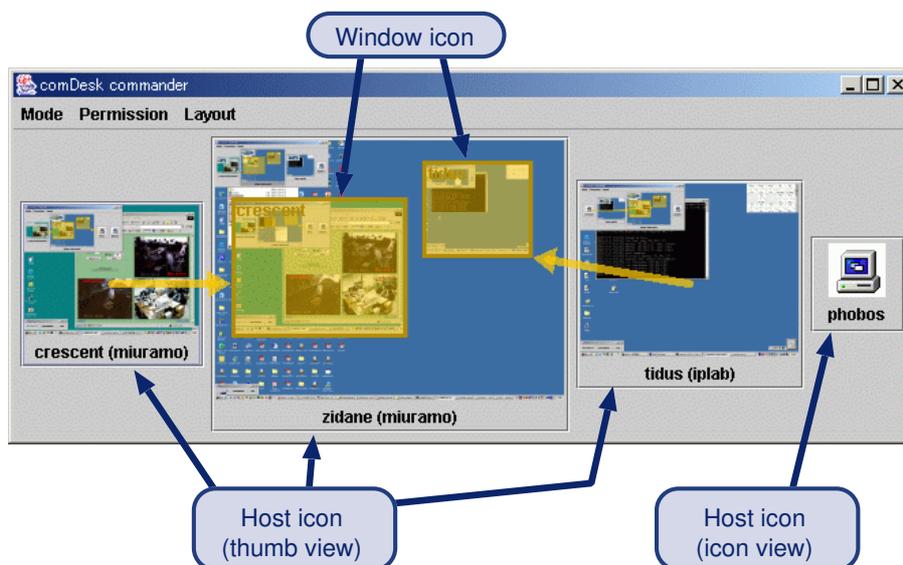


図 2: comDesk commander

(communicable Desktop system) を開発した．基本的な機能として，転送元ホストの画面情報を転送先ホストにウィンドウ (comDesk Window) として表示する画面転送機能と，comDesk Window にて行われた操作を転送元ホストにて実行する遠隔操作機能を備えている．画面転送をはじめとする comDesk の主なインタフェースは，comDesk commander (図 2) によって実現されている．

4.1 画面転送インタフェース (comDesk commander)

comDesk commander では，参加している計算機をアイコン (ホストアイコン) を用いて表現する．図 2 は，ホスト zidane にて動作している comDesk commander のウィンドウを表す．ちなみにウィンドウ外部にある文字および矢印は説明のため付加したものである．図 2 では，4 台の計算機 (crescent, zidane, tidus, phobos) において，comDesk が起動していることを表している．ホストアイコンには，各ホストのデスクトップ画像をサムネイルとして表示する．また，ホストアイコンは画面転送状況を表すアイコン (ウィンドウアイコン) を半透明にて表示する．また，黄色の矢印によって画面の転送状況を示す．図 2 は，crescent, tidus の画面が zidane に転送されて，ウィンドウアイコンの位置に表示していることを表している．

利用者は comDesk が起動している任意のホスト

において comDesk commander を表示させることが可能である．これにより，以下の情報を確認することができる．

- 参加しているホスト名 (ホストアイコンのラベル)
- 参加しているホストのサムネイル (ホストアイコン)
- 利用者名 (ホストアイコンのラベル・またポインタを合わせるとポップアップされる)
- 転送状況 (矢印)
- 転送先ホストにおける表示状態 (ウィンドウアイコン)

また，利用者は情報を確認しながら，以下の操作が可能となる．

転送操作 転送操作は，ホストアイコンをドラッグ&ドロップすることによって行なう．正確には，転送元ホストアイコン上でポイントし，ホールドしたままドラッグして転送先ホストアイコン上でリリース (ドロップ) する．ドラッグ&ドロップによる転送指示は任意のホスト間で行うことができる．転送操作によって，転送先ホストには転送元ホストのデスクトップ画像がウィンドウとして表示される．

転送画面の操作 (移動・再転送・接続の切断) comDesk に特徴的な機能として，転送画面を操作する機能が挙げられる．これは，一旦転送された画

面の移動，再転送ならびに接続の切断を行う機能である。

移動は，同一ホスト内での転送画面ウィンドウの位置を変更する機能である。これに付随して，ウィンドウサイズを変更することも可能である。

再転送は，ホストをまたがった転送画面ウィンドウの移動機能である。この機能による利点については，5章で述べる。

接続の切断は，転送画面ウィンドウを終了し，転送元ホストと転送先ホスト間の接続を切断する。

「移動」ならびに「再転送」の機能は「転送操作」と同様にウィンドウアイコンをドラッグ&ドロップするという一貫した操作によって可能となる。ドラッグ操作開始点がホストアイコン上であるか，ウィンドウアイコン上であるかによって，通常の転送操作と移動・再転送操作を区別している。

従来の画面転送機能においては，転送元ホストは転送先ホストにおいて自分が提供している情報がどのように表示されているのか知ることができなかつたり，たとえ知ることができたとしても操作や調整をすることができなかつた。転送元ホストと転送先ホストが別の利用者である場合，転送画面は本来転送元ホストの利用者の同意を得て表示している情報であり，転送元ホスト利用者の意思が転送後に変更する可能性もあるため，いつでも意思を反映することができる仕組みが必要である。

4.2 簡易構成のための仕組み

comDesk においては利用者や管理者の設定の手間を省くため，あらかじめサーバを起動しておいたり，指定する必要のないピアツーピア機構を採用した。comDesk は，起動されると同一サブネット上にある他の comDesk (マスタ) を探す。もし同一サブネット上に他の comDesk (マスタ) があれば，そのホストに自ホストの情報を登録する。もし同一サブネット上に comDesk (マスタ) がなかった場合は，マスタとして動作し，comDesk からの情報を登録する。もしマスタの役目を果たしている comDesk が終了するときには，登録情報とマスタ機能を他の comDesk に移管したのち終了する。もし移管すべき comDesk が存在しない場合には，そのまま終了する。この機構によって，各ホストは随時参加・脱退が可能となる。

4.3 認証

comDesk の認証機構について説明する。comDesk を起動すると，まず利用者名とパスワードを入力するフィールドを備えるログイン画面(図3)が表示される。利用者名 (User) フィールドには，OS から取得した利用者名が自動的に入力される。利用者が利用者名とパスワードを入力して OK ボタンを押すと，入力された利用者名とパスワードはマスタに送信され照合される。同一の利用者名が既に登録されている場合は，パスワードが一致する場合のみログインが許可される。



図 3: ログイン画面

転送操作については，転送元もしくは転送先のどちらかのホストの利用者が，転送操作ホストの利用者と一致する必要がある。この条件を満たす限り，必ずしも転送操作ホストと転送元ホスト，転送先ホストが一致していなくてもよい。

転送元ホストと転送先ホストの利用者が同じである場合は，転送操作はすべて承諾される。それ以外の場合，操作者以外の関係者(転送元もしくは転送先ホストの利用者)の承諾を得るため，転送元もしくは転送先ホストに「転送を承諾しますか」というダイアログが表示される。

4.4 実装の詳細とその他の機能

comDesk の実装には，Java (J2SE v1.3.1) を用いている。ホスト間の通信にはソケット通信ならびに RMI (Remote Method Invocation) を用いている。以下，comDesk で実装されている情報共有機能について述べる。

4.4.1 転送画面表示機能 (comDesk Window)

comDesk Window は，転送元ホストのデスクトップ画面(転送画面)を転送先ホストに表示し，遠隔操作を可能にするウィンドウである(図4)。通常は，転送画面は PNG (Portable Network Graphics) 形式に圧縮されて送信される。画像更新頻度は計算機の処理能力によって異なるが，現在の実装において 1024×768 の解像度の画面を 1/2 縮小画面で転送した場合，約 2 秒に 1 回程度である。

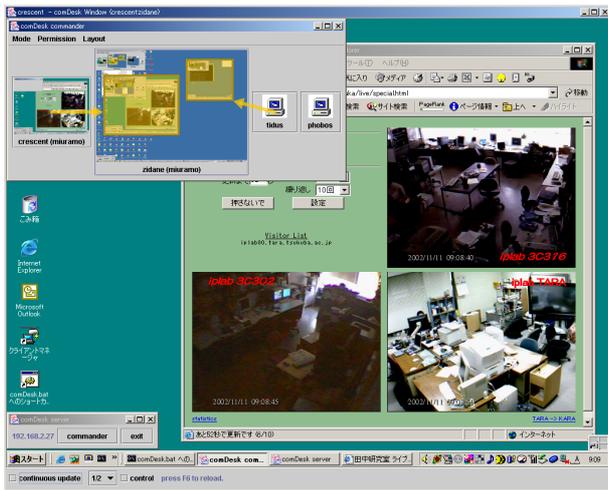


図 4: comDesk Window

転送画面の表示 ウィンドウ下部の [continuous update] チェックボックスにチェックを入れることによって、連続的に画面を更新することができる。また、リストから選択することによって画面表示の縮小率を変更できる。

遠隔操作 現在の実装では、comDesk Window 上で行ったマウスおよびキーボード操作は画面の転送元ホストにおいて実行される。ちなみに画面取得機能および遠隔実行機能は Java のロボット (java.awt.Robot) インスタンスを利用して実現している。

4.4.2 URL の転送とページの表示

ブラウザのアンカーオブジェクトや、インターネットショートカットファイルをホストアイコンにドラッグ&ドロップすることにより、URL を転送できる。転送されたホスト側においてブラウザが起動し、URL が示すページを表示する。現在の実装は、Windows 環境においては外部コマンド start に URL を引数として実行し、UNIX 環境においてはシェルスクリプトにて Netscape 等のブラウザを利用して起動している。

4.4.3 ファイルの転送 (リモートコピー)

通常のファイルを comDesk Window にドラッグ&ドロップすることによってファイルの転送が行える。転送ファイルはホスト側の固定ディレクトリにコピーされる。内部の仕組みとしては、ホストアイ

コンがドロップされたファイルのローカル計算機におけるパス名を取得し、そのファイルをバイナリ形式として読み込む。読み込まれたデータは RMI を介して転送され、転送先ホストのファイルシステムにおける固定ディレクトリに同名のファイルとして書き出される。

5 利用例

ここでは、具体的な comDesk の利用例を挙げる。

5.1 シナリオ 1: 個人で使用する場合

1人で処理能力の異なる3台以上の計算機を所有し、同時に使うことも日常的となっている。このような場面において、計算機間の情報共有に comDesk を使用することが考えられる。URL 転送による Web ページの表示機能によって、任意の計算機間において URL を共有することができる。また、ノートパソコンの使いにくいポインティングデバイスの代わりに、デスクトップパソコンに接続されたマウスを使用するといった使い方がある。同一利用者名でログインしたホストであれば、転送元あるいは転送先ホスト以外の comDesk commander から同等の操作が行える。この機能によって、非力な処理能力の計算機を comDesk commander 専用として有効に活用することもできる。また、再転送機能を用いることによって、デスクトップに転送していた情報をノートパソコンに再転送して、別の場所に持ち運んで使うといったことが容易になる。再転送機能が存在しない場合は、「転送状態の移動」ができないため、転送を切断し、再度接続要求を行う(転送状態のコピーと消去)という2つの操作を行う必要があるため、転送画面に対して直接的で一貫性の高い操作を行うことができなかった。

5.2 シナリオ 2: 少人数のグループ、共用ディスプレイが存在する環境

通常は個人単位で作業しており、偶発的に情報共有や操作支援といったコラボレーションの必要性が発生する少人数のグループで使用することも考えられる。コンパイル中の見慣れないエラーや複雑なソフトウェアの操作などを、詳しい人に画面ごと転送することによって、より効率的に問題解決を行うことが可能となる。また、壁面提示型のプラズマ

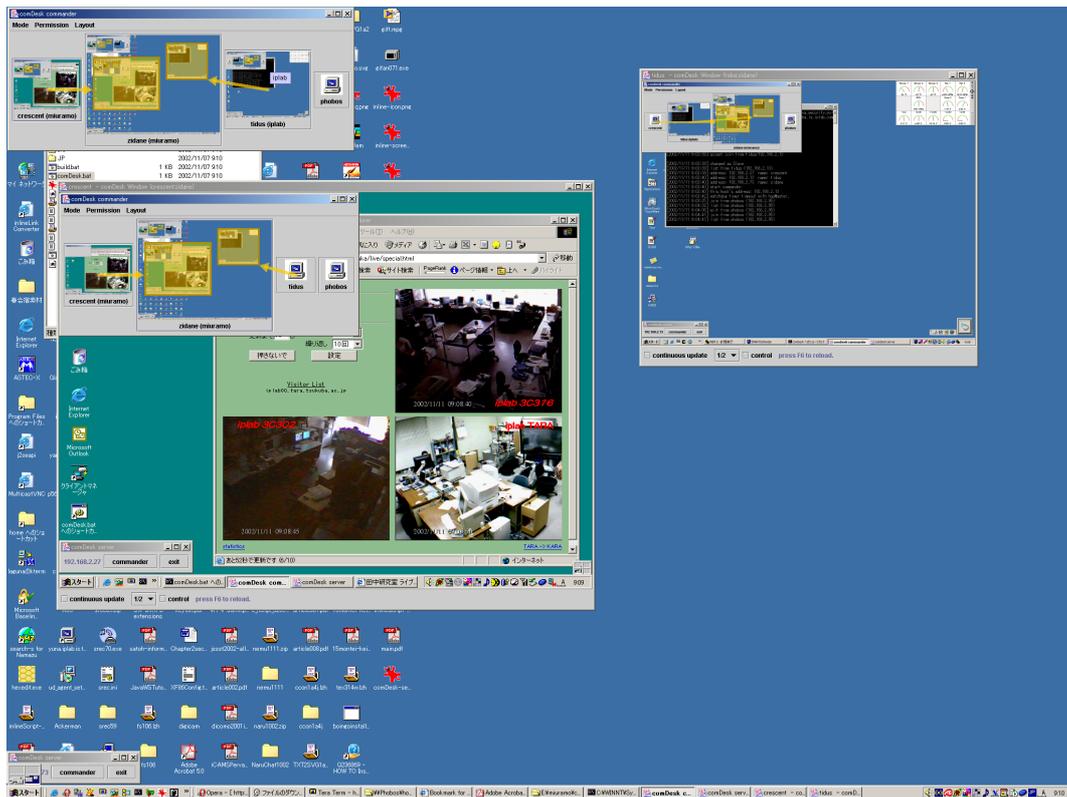


図 5: comDesk 動作画面 (全体)

ディスプレイやプロジェクタなどの共用ディスプレイがある環境においては、グループに有用な情報を提示し合うことや、手元から提示した画面を移動させることによるコラボレーションが可能となる。

6 関連研究

6.1 遠隔操作と情報提示

遠隔地にある計算機を操作する方法として VNC [1] がある。VNC では画面情報を転送するサーバと、受信するビューアが RFB (Remote Frame Buffer) プロトコルを用いて通信する。VNC サーバは画面の転送データ量を減らすための複数の画面処理方式 (エンコーディング) を切り替えることができる。また、VNC サーバから VNC ビューアに接続するためのリバースコネクション機能を備えているが、複数計算機間の画面転送を自由に操作するインタフェースは備えていない。

その他にも、VNC と同様の画面転送と遠隔操作を実現するものとして pcAnywhere[2] や、RemotelyAnywhere[3] がある。RemotelyAnywhere では、ホストの画面だけでなく、ホストの計算機情

報 (メモリ利用率、CPU 負荷、ハードディスクの容量、ネットワーク利用率など) を Web ブラウザインタフェースを利用して遠隔から確認したり、Java アプレットを介した画面の表示とホスト計算機への操作を行うことができる。

6.2 大画面と CSCW

大画面の共有や、複数の計算機を連携させた協調作業環境に関する研究は CSCW (Computer Supported Cooperative Work) 研究として数多く行われている。CoLab (Collaboration Laboratory)[5] は大画面スクリーンを用いた初期の CSCW 環境であり、発想支援などの協調的作業に利用できる。Prairie[6] は、基本的に個人で使用する 6 つの画面を組み合わせた大画面表示システムである。用途として、コミュニティの関係図を表したり遠隔地にいる人との共同作業を対象としている。GMD (現在 Fraunhofer-Gesellschaft) の研究プロジェクト i-land[7] では、協調作業用のデバイスとして壁面リアプロジェクション方式の大画面 (DynaWall)、机型 (InteracTable)、椅子に組み込まれた計算機 (CommChair) を提案して

いる。iRoom[8]は、スタンフォード大学で開発されたPDAなどの様々なデバイスがアドホックに参加する仕組みを備えた大画面会議システムである。EventHeapと呼ばれる通信基盤を利用して画面切替えやプロジェクトの設定などがPDAから行える。Pebblesプロジェクト[9]ではPDAを補完的な入出力デバイスと位置付け、計算機の操作に利用するMMUI (Multimachine User Interfaces) という概念を提唱し、プレゼンテーションにおけるスライドショーの切替え操作やスクロールをPDAから行う研究を行っている。これらの研究においては大画面とPDA等のデバイスを連携させる方法に主眼が置かれている。我々は参加者が画面転送機能をより有効に活用するためのインタフェースに注目している。

6.3 データ転送

暦本によるPick-and-Drop[10]は、ペンを用いた複数計算機間での直接操作手法である。ペンでオブジェクトをつまみあげるといったメタファを用いてオブジェクトの交換や属性の選択を行うことができる。また、Augmented Surfaces[11]では、仮想空間と現実空間を融合したデータ転送の概念を提唱し、AR (拡張現実感: Augmented Reality) の技術を駆使して実現している。我々は一般的なグループ作業空間における画面転送・遠隔操作に基づくコミュニケーションに着目し、簡易な設定で利用できることを目指している。

7 まとめと今後の課題

ピアツーピア技術を用いることで双方向性ならびに設定の簡易化を実現した画面送信・遠隔操作システム“comDesk”の設計と実装について述べた。本システムは、画面転送のための接続操作にかかる手間および、接続後の転送・調整操作を円滑に行うためのインタフェースを備える。本システムは少人数での会議や共有画面への掲示等に加え、アドホックな画面転送・遠隔操作に基づくコミュニケーションを促進させる効果があると考えられる。

画像圧縮処理を工夫して転送にかかるネットワーク負荷を軽減するなど、画面転送に基づくグループ

ウェアシステムとしての完成度を高めることが今後の課題である。

参考文献

- [1] Tristan Richardson, Quentin Stafford-Fraser, Kenneth R. Wood, and Andy Hopper. Virtual Network Computing. *IEEE Internet Computing*, Vol. 2, No. 1, pp. 33–38, 1998.
- [2] Symantec Corporation. pcAnywhere. <http://www.symantec.com/region/jp/products/pca-enterprise/>.
- [3] 3AM Laboratories PL. RemotelyAnywhere. <http://remotelyanywhere.com/>.
- [4] 野田敬寛, 吉野孝, 宗森純. GDA: 複数の無線通信方式が利用可能で画面共有できるPDA. グループウェアとネットワークサービス研究会研究報告2002-GN-45, pp. 17–22. 情報処理学会, 2002.
- [5] Mark Stefik, Daniel G. Bobrow, Greg Foster, Stan Lanning, and Deborah Tatar. WYSIWIS revised: Early experiences with multiuser interfaces. *ACM Transactions on Information Systems*, Vol. 5, No. 2, pp. 147–167, April 1987.
- [6] Kishore Swaminathan and Steve Sato. Interaction design for large displays. *Interactions (ACM Magazine)*, Vol. 4, No. 1, pp. 15–24, January 1997.
- [7] Norbert A. Streitz, Jörg Geißler, Torsten Holmer, Shinichi Konomi, Christial Müller-Tomfelde, Wolfgang Reischl, Petra Rexroth, Peter Seitz, and Ralf Steinmetz. i-LAND: An interactive Landscape for Creativity and Innovation. In *Proceedings of the CHI 99*, pp. 120–127, May 1999.
- [8] Armando Fox, Brad Johanson, Pat Hanrahan, and Terry Winograd. Integrating Information Appliances into an Interactive Workspace. *IEEE Computer Graphics & Applications*, Vol. 20, No. 3, pp. 54–65, 2000.
- [9] Brad A. Myers. Using Handhelds and PCs Together. *Communication of the ACM*, Vol. 44, No. 11, pp. 34–41, November 2001.
- [10] Jun Rekimoto. Pick-and-Drop: A Direct Manipulation Technique for Multiple Computer Environments. In *Proceedings of UIST'97*, pp. 31–39, October 1997.
- [11] Jun Rekimoto and Masanori Saitoh. Augmented Surfaces: A Spatially Continuous Workspace for Hybrid Computing Environments. In *Proceedings of CHI'99*, pp. 378–385, May 1999.