

ドローイングが可能なアプリケーション共有システムの開発

奥村 晃弘 田川忠道 宮崎敏彦
沖電気工業(株) 関西総合研究所

我々は、空間的に離れた場所にいる人間同士での協調作業を支援するシステムの中でも、特にスタンドアロンのアプリケーションを複数の人間で共有して使えるようにするためのアプリケーション共有システムに注目して研究を行なっている。このようなシステムで協調作業を円滑に進めるには、単に入力と出力を共有できるようにするだけでは不十分である。そこで、(1)アプリケーションウィンドウに注釈などを書き込むことができるドローイング機能(2)「他の参加者の動作が見えない」という点を補うためのカレントポイント表示機能(3)自然な形で操作権の受け渡しができるインタフェースをシステムにインプリメントした。本稿ではこのアプリケーション共有システムの概要と各機能の実現方法について述べる。

A Window System Supporting Application Sharing

Akihiro OKUMURA Tadamichi TAGAWA Toshihiko MIYAZAKI
Oki Electric Industry Co.,Ltd.
Crystal Tower 2-27 Shiromi 1-chome,Chuo-ku,Osaka 540,JAPAN

Our research is to convert a single user application into one that can be used for real-time collaboration by several users at workstation in different locations. We developed a pseudo display server to be shared collaboration-unaware X clients based on the X Window System* and its client/server protocol. In this paper, we describe the implementation issues about following functions: (1) drawing into the application window, (2) awareness of mouse operation, and (3) handling the access control of the application.

1 はじめに

LAN や ISDN などの通信回線で接続されたパーソナルコンピュータやワークステーションを使って、空間的に離れた場所にいる人間同士での協調作業を支援するシステムが数多く研究されており、すでに製品化されたものも出てきている。スタンドアロンのアプリケーションを複数の人間で共有して使えるようにするためのアプリケーション共有システムもそのようなシステムの1つであり、重要な研究対象の1つとなっている。また、最近ではパーソナルコン

ピュータやワークステーションにビデオカメラが標準で附属することも多くなってきたことなどから、TV会議システムも従来の専用ハードを使うものから一般のワークステーションやパーソナルコンピュータを使うものに移行しつつある。これにより、TV会議システムの付加価値としてもアプリケーション共有システムのニーズが大きくなってきている。

アプリケーション共有システムは単独で使うために設計されたアプリケーションを強制的に複数の人間で使用できるようにするシステムである。そのため、1つのアプリケーションに対して複数の人間

*X Window System は MIT の商標です

表 1: 各システムの比較

	pscrawl	XTV	本システム
テレポインティング	○	×	○
ドロージング	○	×	○
カレントポインタ	×	×	○
ウィンドウの共有化	入力のみ共有	入出力とも共有	入出力とも共有
ネットワーク負荷	小さい	大きい	やや大きい

が同時に入力をするにはできないという欠点を持っている。しかしながら、ふだん使っているアプリケーションをそのまま使うことができるので、新しくアプリケーションの使い方を覚える必要がない点、仕事のスタイルを変更する必要がないという点で専用のグループウェアソフトを作成するよりも有利である。

一般に、協調作業を円滑に進めるためには他の参加者の動作が見えることや、他の参加者の視線の先に何があるかを知ること (gaze awareness) が重要であることが指摘されている [1]。これらのノンバーバルな情報は「他の参加者が何をしようとしているのか」を知るために必要であると考えられる。従来のアプリケーション共有システムでは、この「他の参加者が何をしようとしているのか」を知るための情報を扱うことに対してほとんど対策がなされていなかった。そこで、マウス操作の状況を知らせるためのカレントポインタ表示機能を導入し、さらに、カレントポインタを使って自然な形で操作権の受け渡しができるインタフェースを設計し、実験的にインプリメントを行なった。

本稿では、これらの新しい試みを実装したアプリケーション共有システムの概要について述べる。

2 システムの設計と実装

2.1 設計方針

Xウィンドウシステム上でアプリケーションの共有を行なうシステムは数多く存在するが、ウィンドウシステムやアプリケーションに全く修正を加える必要のないものに限定すると、pscrawl[2] と XTV[†][3] が代表的である。また、これらのシステムを組み合わせて使うことの有用性が指摘されていること [2] から分かる様に、協調作業のツールとし

ては、双方の特徴(表1参照)を合わせ持つことが必要とされている。そこで、我々はアプリケーションの共有方式としては XTV と同じ疑似サーバを使う方法を利用し、これに pscrawl と同様なテレポインティングおよびドロージング機能を付加したアプリケーション共有システムを開発することにした。

なお、アプリケーション共有システムを使う際には、同時に音声を交換するメディアを使用することを想定している。

2.2 システムの構成

本システムは疑似サーバとコントロールパネルの2つのプログラムにより構成される。以下にそれぞれのプログラムについて説明する。

疑似サーバ

アプリケーション共有のための処理を行なうプログラムである。従って、アプリケーションを共有するグループ毎にこのプログラムを実行することになる。

コントロールパネル

アプリケーション共有システムのユーザインタフェースとして、新しく共有対象のアプリケーションを起動する機能、テレポインティングおよびドロージングのためのインタフェース、操作権の受け渡しのインタフェースなどを提供するプログラムである。このコントロールパネルを実行することによって、システムによるグループ作業に参加することができるようになる。

本システムでは疑似サーバ方式を用いることにしたが、同じ疑似サーバ方式を用いる XTV には「ネットワークへの負荷が大きい」という問題点があった。そこで、この問題点に対処するために疑似サーバとコントロールパネル、および、XクライアントとXサーバを図1のように接続することにした。

XTV が用いた構成(図2)の場合、クライアントから送信されたプロトコルがサーバに到着するまでに、ネットワークを3回[†] 通る必要があったが、この構成を用いることによってこれが常に2回で済むようになり(図1実線部分)、ネットワークへの負荷を軽減させることができる。

[†]XTV(host)につながったXサーバだけは2回

[†]Copyright ©1991 Old Dominion University.
Copyright © University of North Carolina at Chapel Hill.

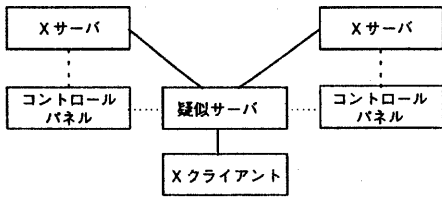


図 1: 本システムの構成

2.3 各プログラム間の通信

各プログラム間の通信は全てXプロトコルを用いるが、それぞれに使用目的が異なるので、以下で説明する。

Xクライアント ⇔ 疑似サーバ ⇔ Xサーバ

アプリケーションを共有するために、通常のXクライアントとXサーバ間の接続の中間に疑似サーバが入り込んで、Xプロトコルを分配するようになっている(図1実線部分)。

Xサーバ ⇔ コントロールパネル

コントロールパネルも一種のXクライアントであるので、Xサーバと接続する(図1破線部分)。

疑似サーバ ⇔ コントロールパネル

コントロールパネルと疑似サーバ間の通信で必要なのは、操作権の受渡命令や、テレポインティングのデータなどXプロトコルの規定以外のものがほとんどある。しかしながら、ドローイング機能を実現するにあたってXプロトコルがもつ描画リクエストをそのまま利用できる方が有利であるという判断から、コントロールパネルと疑似サーバ間の通信にもXプロトコルを用いるようにした(図1点線部分)。これに伴いXプロトコルの規定外の通信は、Xプロトコルの一部分を拡張利用して実現した。これについて、次の2.4章で述べる。

2.4 Xプロトコルの拡張利用

Xプロトコルの中にはサーバがその内容を解釈しないものがある。NoOperation リクエストとClient Message イベントがそれで、NoOperation リクエストは、クライアント・ライブラリが64ビット境界でリクエストを始めたときにパディング

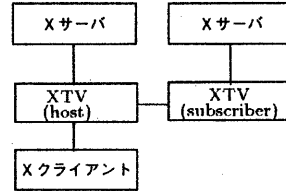


図 2: XTV の構成

として利用するためのもので、任意の長さをとることができる。

また、Client Message イベントはクライアント間で通信をするために他のクライアントからの通信内容をサーバを経由して受けとるためのイベントであり、これも任意の長さをとることができる。

これらを利用して、コントロールパネルから疑似サーバへの通信にはNoOperation リクエストに、疑似サーバからコントロールパネルへの通信にはClient Message イベントに、それぞれ通信用のデータを乗せて通信を行なうようにした。

以後本稿では、Xプロトコルの拡張利用によって送受信される命令を拡張命令と呼ぶことにする。

2.5 システムの起動手順

システムの起動は以下の手順で行なう。

①疑似サーバ起動

疑似サーバを起動する(図3(a))。

②コントロールパネル起動

コントロールパネルは一般のXクライアントとしてXサーバに接続する(図3(a))。

③コントロールパネルと疑似サーバを接続

コントロールパネルは起動時に指定された疑似サーバにディスプレイ接続する(図3(a))。これは2.3章で記述したように、これらの通信にXプロトコルを使用するためである。この場合疑似サーバがサーバに、コントロールパネルがクライアントに相当する。

④コントロールパネルであることを通知

疑似サーバに対してディスプレイ接続するのは、共有対象のアプリケーションも同じである。従ってこの時点で、疑似サーバは接続した相手がコントロールパネルであることを認識し

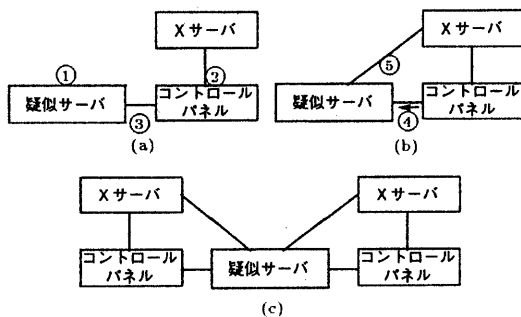


図 3: 疑似サーバとコントロールパネルの接続手順

ていない。そこで、コントロールパネルは自分がコントロールパネルであることを拡張命令を使って疑似サーバに通知する(図3(a))。

⑤ Xサーバと疑似サーバを接続

疑似サーバは、コントロールパネルが接続している Xサーバのディスプレイ名を拡張命令を使って受けとる。そして、そのディスプレイ名を使って Xサーバに接続する。(図3(b))。

②～⑤の手順を繰り返すことによって、共有を行なうディスプレイの数を増やしていくことができる。例えば2つのディスプレイで共有する場合は図3(c)のようになる。この状態で、共有対象のアプリケーションを疑似サーバに接続すれば、そのアプリケーションの共有利用を開始することができる(図1)。

2.6 実現された機能

2.6.1 アプリケーション共有機能

アプリケーション共有機能はXTVと同様なので詳細は省略する。

2.6.2 ドローイング機能

ドローイング機能は、アプリケーションの持つ機能とは関係なくアプリケーションウィンドウに図形や文字を書き込むことができる機能である。書き込み内容は全員で共有することができ、全員が同時に書き込むこともできる。

ドローイング機能が使える状態をドローイングモードと呼び、アプリケーションを操作する状態(アプリケーションモード)と区別する。アプリケー

表 2: 各ポインタの形状

ポインタ名	形状
(a) ドローイングモード時のマウスポインタ	
(b) テレポインタ	
(c) カレントポインタ	

ションの操作権がない場合は自動的にドローイングモードになり、操作権がある場合であってもボタン操作などによってドローイングモードにすることができる。アプリケーションモードにしたい場合は操作権を得る必要がある。

これらのモードは共有を行なっているアプリケーションそれぞれに対して設定され、現在どちらのモードであるかは、対象とするアプリケーションウィンドウ内のマウスポインタの形状で簡単に区別することができる(表2(a))。

ドローイング機能は透明ウィンドウによるイベント横取りと、アプリケーション共有の基本機能を使って実現している。すなわち、ドローイングモードにおけるアプリケーションウィンドウでのマウス操作のイベントは、その上にマップされた透明ウィンドウによってコントロールパネルが横取りする。このイベントに基づいて、Xlib等を用いて作成したXプロトコルの描画リクエストを疑似サーバに送信すると、疑似サーバがアプリケーションの共有を実現するのと同じ方法で、ウィンドウIDなどを変換し各サーバへ分配することによって書き込み内容が共有される。

なお、現在はネットワークに対する負荷を考慮して、作図過程に表示するラバーバンドはローカルにだけ表示し、共有しないようにしている。

2.6.3 テレポインティング機能

ドローイングモードのときに右ボタンをドラッグすると、マウスポインタが指の形になり(表2(b))、テレポインティングを行なうことができる。ボタンを押している時だけポインタを表示するので、意味もなく多くのポインタが動き回り、目障りになることはない。

なお、現在はポインタの色を変えることによって各ポインタ所有者の区別ができる様にしている。

また、アプリケーションモードのときは、後述するカレントポインタ表示機能を使ってテレポイン

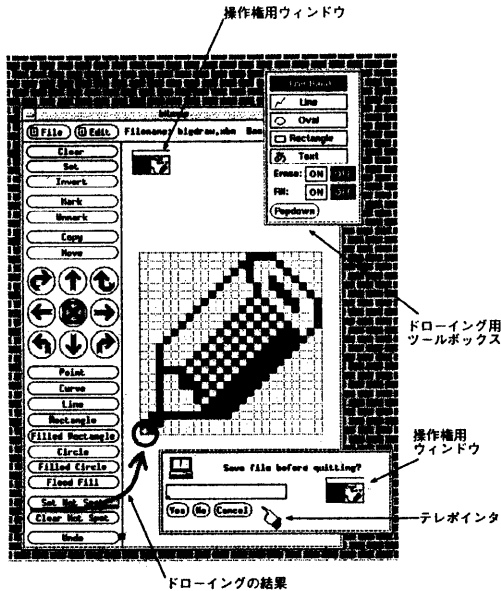


図 4: 動作画面の例

ティングの機能を得ることができる。

2.6.4 カレントポインタ表示機能

カレントポインタ表示機能は、操作権を持つ参加者のマウスポインタのある位置と同じ位置に、カレントポインタ（表2(c)）を表示することによって他の参加者がマウスの操作状況を知るための機能である。

テレポインティング機能と同様に色を変えることによって誰のマウス操作を示しているのか（誰が操作権を持っているのか）が分かるようになっている。

以下ではカレントポインタ表示機能の必要性について述べる。

1章でもふれたが、協調作業を円滑に進めるには、他の参加者の動作が見えることや、他の参加者の視線の先に何があるかを知ること (gaze awareness) が「他の参加者が何をしようとしているのか」を知るための情報として必要である。ここで重要なのは「手がどのように動いているのか」にしても、「視線が何処を向いているのか」にしても、これらの動作を行なっている本人にとって、これらの情報は他人に知らせようと意識して行なっているわけではなく、単に自分がすべき作業を行なっているにすぎない

いのということである。

アプリケーション共有システムにおいて、共有対象のアプリケーションの使用が作業の中心であり、参加者全員が最も興味を示していることがらである。従って、アプリケーションの使用に関して「何をしようとしているのか」を知るための情報を得ることが最も重要である。さらに、この情報は操作者が相手に与えることを意識する必要がなく、普通にアプリケーションを使用する動作の中から得られることが望ましい。そこで、ソフトウェアだけで[§]簡単に得られる情報として、アプリケーションを使用しているときのマウスの動きを扱うことにし、それをカレントポインタとして表示することにした。

テレポインティングが「他の人に注目してもらいたい」という操作者の意図を伝える機能であるのに対して、カレントポインタ表示は他人に伝えたいという意志とは無関係であるという点でテレポインティングとは異なっている。これを考慮してテレポインタはボタンを押している間だけ表示するようにし、カレントポインタは対象のアプリケーションウィンドウの中にある限り常に表示するようにしてある。なお、カレントポインタも、音声などで他の参加者の注目を得るようにすれば、テレポインティングとしての効果を得ることができる。

2.7 操作権の受け渡しのインタフェース

アプリケーション共有システムは、操作権の受け渡しがスムーズに行なわれないと協調作業に支障をきたすのは明白である。

操作権の受け渡しが必要な作業は、ペンが1本しかない場合のホワイトボードでの作業と同様に考えることができる。つまり、ペンを取ることが操作権を得ることに相当し、ペンを使ってホワイトボードに記入することがアプリケーションを操作することに相当するのである。ここで、2.6.4章で説明したカレントポインタにこのペンとしての役割を持たせることにした。ペンを取ると同じように、カレントポインタをクリックすることによって操作権を得られるようにするのである。

これには以下の効果がある。

- 誰もが経験したことのあるホワイトボードとペンのアナロジーになっているので、自然な形でやりとりができ、しかも始めての場合でも理解しやすい。

[§]特殊な機器を導入する必要がないため

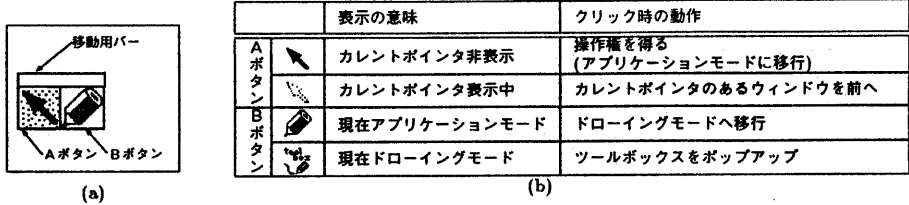


図 5: (a) 操作権ウィンドウの概観 と (b) 各ボタンの表示意味とクリック時の動作

- 操作権を得ようとする際に、現在操作権を持つ人のマウスの操作状況を自然と知ることになる。従って、操作権を持つ人が操作中であることを知らずに、操作権を取り上げてしまうといったミスを防止することができる。

但し、操作権を持つ参加者のマウスポインタが、対象とするアプリケーションのウィンドウ内に無い場合はカレントポインタは表示されない。そこで、図5(a)に示すような操作権ウィンドウを準備した。この操作権ウィンドウを共有対象のアプリケーションの全ての独立したウィンドウ（親がルートウィンドウ）に張り付けておき、カレントポインタが表示されていないときは、Aボタンにカレントポインタを意味する矢印が現れ、それをクリックすることによって操作権を得ることができるようにする。

つまり、操作権を持つ参加者のマウスポインタが対象アプリケーションのウィンドウ内に無いときは、アプリケーションの操作を行っていないものとして、ペンはホワイトボードの前に置いてあると見なすのである。ここで、操作権ウィンドウのAボタン表示領域はホワイトボードの前にあるペンを置くためのトレイに相当している。なお、Aボタンのバックグラウンドカラーは操作権の所有者を示している。また、操作権ウィンドウの各ボタンの表示意味とクリック時の動作について図5(b)にまとめる。

以上は、ペンを取る場合のインタフェースであった。しかし実際には、ペンを取る方法ばかりではなく、手を出してペンを渡してもらう方法も使われる。そこで、操作権を持つ参加者は操作権を要求した参加者のテレポインタをクリックすることによって操作権を渡すことができるようにした。

また、まだインプリメントを行っていないが、強制ボタンを準備し、このボタンを押すことによって、カレントポインタの動きを一時的に止めることができるようにする。これにより、操作権を持つ人

が操作中である場合であっても強制的に操作権を取り上げることができる。これは、ペンを持っている人の腕をつかんでその動きを止めてからペンを取り上げることに相当する。

このような行為は協調的とは言い難いが、実力行使もコンフリクトの1つの解決方法であると考え、参加者がそれを実行する必要があると判断した場合は行動に移せる方が現実世界に近く自然であると考ええる。

3 おわりに

アプリケーションウィンドウに書き込みができるドロ잉機能と他の参加者のマウスの操作状況を知るためのカレントポインタ表示機能を持ったアプリケーション共有システムの概要と、その操作権受け渡しのためのインタフェースについて述べた。

今後は、操作権受け渡しのためのインタフェースの評価、ならびに、マルチキャストへの対応などを行なっていく予定である。

参考文献

- [1] H.Ishii, M.Kobayashi and J.Grudin: "Integration of Inter-Personal Space and Shared Workspace: Design and Experiments of ClearBoard", Proceedings of CSCW '92(ACM), pp.33-42(1992-11)
- [2] 渡部勇, 神田陽治: "グループウェア実体験", bit (共立出版) Vol.24 No.4, pp.410-419(1992-4)
- [3] Hussein M. Abdel-Wahab and Mark A. Feit: "XTV: A Framework for Sharing X Window Clients in Remote Synchronous Collaboration", Proceedings of IEEE TriComm '91, pp.159-167(1991-4)