

共有ウィンドウのための疎結合共有ポインタ

中島 周

日本アイ・ビー・エム(株) 東京基礎研究所

コンピュータ会議システムで使われる共有ウィンドウでは、物や位置を指し示すためにテレポインタを使用する。テレポインタとは、他人の共有ウィンドウ上に表示され、自分のマウスによって動くポインタである。本論文では、システムポインタをテレポインタとしても使用する方法について述べる。この方法では、システムポインタはローカルなマウスで動かすローカルモードと、リモートのマウスで動かすリモートモードの2つのモードを持ち、この2つのモードの切替えをマウスの動きだけによって行なう。また、テレポインティングによって通常のウィンドウ操作が妨げられないようにローカルモードを優先する。

A Loosely-Coupled Shared Pointer for Shared Windows

Amane Nakajima

Tokyo Research Laboratory, IBM Japan, Ltd.
5-19 Sanbancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102

In computer conferencing systems, shared windows are used as a common space in which documents are shown and in which annotation is written. Participants use a telepointer to indicate an object or a point in a shared window. This paper describes a telepointing method that uses a system pointer as a local system pointer and also as a telepointer moved by a remote participant. The method switches the two modes of a system pointer by movement of a local and remote mice. The local mode has a higher priority than the remote mode of telepointing.

1 はじめに

共有ウィンドウとは、ウィンドウの実体は複数のコンピュータに1つずつあるが、それらが論理的には1つのウィンドウであるかのようにふるまうウィンドウである。共有ウィンドウのユーザの1人が共有ウィンドウに対して行なった操作は他のユーザの共有ウィンドウにも反映される。よって、共有ウィンドウとして実現してあるアプリケーションでは、1つの黒板や紙に協同で書き込みを行なうような処理が実現できる。たとえば、テキストエディタを共有ウィンドウとして実現すれば、1つの文書を複数人で同時に執筆することができる。

通信回線で複数のコンピュータを接続し、リアルタイムで会議を行なう分散コンピュータ会議システムでは、議論をする共通の領域として、共有ウィンドウを使用する[1]-[7]。テキスト、イメージ、グラフィックスなどを書き込める分散アプリケーションを共有ウィンドウとして実現し、それを黒板やOHPのような共有領域として使う。

共有ウィンドウを使う場合、それぞれが異なる実体のウィンドウを見ているため、1人のユーザが自分の共有ウィンドウの中の物や位置を自分のシステムポインタや指で指し示しても、通信回線で接続されている遠隔地のユーザには指し示した物や位置は伝わらない。この問題を解決するために、テレポインタが使われる。これは、リモートのマシンの共有ウィンドウ内に表示されるポインタである。あるユーザのテレポインタは他のすべてのユーザの共有ウィンドウに表示される。テレポインタはそのテレポインタに対応するユーザのマウスによって動かされ、共有ウィンドウの座標で論理的に同じ位置に表示される。

通常は1人に1つテレポインタを割り当てる。よって、ユーザが5人の場合、1人の共有ウィンドウには、自分のポインタが1つと他のユーザのテレポインタが4つ表示される。テレポインタは、それを使う分散アプリケーションの内部で実装されることが多い。このような形式でテレポインタの機能を実現すると、

- ユーザが多数の場合には多くのテレポインタが表示され、それぞれが独立に動き回って見にくくなる[2]。
- 複数の独立したモジュールでテレポインタを使いたい場合に、それぞれのモジュールでテレポインタを実現しなければならない。

などの問題が起きる。

本論文では、以上の問題を解決するために、新しい方式のテレポインタを提案する。この方式では、システムポインタをテレポインタとしても使用する。よって、一度に1人だけがテレポインタの機能を使うことができる。テレポインタの使用権は共有ウィンドウのユーザのマウスの動きだけによって決まる。また、システムポインタを通常のローカルな操作に使用するローカルモードを、テレポインタとして使用するリモートモードよりも優先させているので、通常のマウスを使ったウィンドウ操作がリモートのユーザのテレポインティングによって妨げられることはない。

以下、2章でテレポインタを実現するときに解決しなければならない問題を説明する。3章では本論文で提案する新しいテレポインタの方式、疎結合の共有ポインタの概念と実現方法を記述する。4章で疎結合共有ポインタの実装と使用結果について述べ、5章でまとめを行なう。

2 テレポインタ実現上の問題

2.1 システムポインタの特徴

ウィンドウシステムで使用されるシステムポインタは、次のような特徴を持っている。

1. 自分が前にいた位置を正しく再描画する。
2. ウィンドウに隠されない。常にウィンドウよりも上に位置する。
3. 素早く動く。
4. アプリケーションから独立している。
5. システムに1つだけ存在する。

以下それぞれの特徴について説明する。

1については、ポインタが再描画するのではなくウィンドウシステムが行なう。ポインタが動いてないときでも、システムポインタの下にあったウィンドウの内容やウィンドウの上下関係が変化することがあるので、常に正しく最新の内容を再描画しなければならない。

また、システムポインタのZ軸上の位置はウィンドウの上下関係とは独立で、常にユーザから見て一番上に存在する。

システムポインタをマウスなどのポインティングデバイスで動かすとき、人間の目には連続的に動いているように見える程度の頻度で動かなければならない。

現在のウィンドウシステムでは、システムポインタは1つだけサポートされている。暗黙に1人が1つのポインティングデバイスを使うことが仮定されている。グループウェアのように複数人で画面やウィンドウを共有し、外部からウィンドウやポインタが操作されることはまったく考慮されていない。

2.2 テレポインタの条件

テレポインタは遠隔誘導のポインタと考えることができる。よって、基本的には上記のシステムポインタの特徴のうち1から4を有するべきである。さらに、テレポインタには以下のような特徴が必要となる。

1. システムポインタとは異なり、テレポインタを使ってリモートのコンピュータのウィンドウを操作することは許さない。
2. システムポインタとの区別がつく。
3. 他人のテレポインタとの区別がつく。
4. 誰が動かしているかがわかる。

自分の画面全体を相手に見せ、それを相手に操作することを許すシステムは画面共有システムと呼ばれる。このようなシステムでは、リモートのユーザが自分のポインタを動かし、マウスのボタンのクリックやドラッグによって他人のウィンドウシステムを操作する。しかし、共有ウィンドウシステムでは、テレポインタは純粋に物や位置の指示だけのために使われるので、テレポインタによってウィンドウを操作することは通常許さない。

このようにテレポインタはシステムポインタとは別のポインタなので、これらは見ただけで区別がつかなければならない。また、複数のテレポインタを表示するときは、それら1つ1つが区別でき、さらにどのテレポインタがどのユーザに対応しているかを知らせる必要がある。

2.3 テレポインタの表現方法

システムポインタはウィンドウシステム内部で実現されており、特殊な性質を持っている。システムポインタは現在のウィンドウシステムでは1つだけサポートされており、これと同じ性質の物をウィンドウシステムの外部で実現することは不可能である。本節では、現在までのシステムで、テレポインタが何を使ってど

のように表現されているのかを示し、その問題点を考える。

多くのコンピュータ会議システムでは、共有ウィンドウとして利用する機能は1つに限定されている。そのため、テレポインティングの機能は共有ウィンドウアプリケーションの内部で実現される。共有ウィンドウアプリケーションのプログラムは、共有ウィンドウは自分が作成し描画を管理するウィンドウなので、自由に書き込みをすることができる。よって、テレポインタもグラフィックスやイメージのデータとして自分のウィンドウの中に書き込むことができる。テレポインタを動かすために、頻繁に書き込みと消去を行なうが、共有ウィンドウ内の描画は自分が管理しているので、最新の描画内容も知っており、テレポインタが動いたあとの再描画も正しく行なえる。また、他の描画された物よりもテレポインタ上に持ってくることも容易である。

しかしこの方法では、テレポインティングを使う共有ウィンドウアプリケーションが複数種類存在するときに、それぞれの種類のプログラムでテレポインティング機能を実装しなければならない(図1)。同じ機能を複数のモジュールで作成し、保持するオーバヘッドがあるうえ、複数のモジュールで異なる方式でテレポインタを実現するとユーザインタフェースの統一がとれないといった問題が生じる。また、テレポインタが共有ウィンドウ内部で実現されているため、共有ウィンドウの外にはテレポインタを描画することができない。そのため、テレポインタがウィンドウの端にあってテレポインタの一部が共有ウィンドウ外に存在する場合、これを描画することができない。さらに、テレポインタは共有ウィンドウ内部の物なので、他のウィンドウにテレポインタと共有ウィンドウの一部が隠されたときにテレポインタをウィンドウの上に持ってくることができない。

また、異なる種類のウィンドウの間で、たとえばスタンドアロンのアプリケーションウィンドウとリモートのコンピュータに作ったコピーのウィンドウの間で、テレポインティングをすることが不可能となる。

以上のようにテレポインティングを共有ウィンドウアプリケーションの内部で実装し、テレポインタをグラフィックスやイメージのデータとして自分のウィンドウ上に描画することは、容易な実現案であるが種々の問題を抱えている。

3 疎結合共有ポインタ

3.1 複数ポインタと共有ポインタ

通常の方式では、参加者1人に1つのテレポインタを割り当て、それを表示する。このような方法では、一度に多くのテレポインタが表示され、それらが非同期に動き回るので、非常に悪いユーザインタフェースになってしまう[2]。これに対して、ユーザやシステムが一度に表示できるテレポインタの数を制限する方法がある。

本論文では、このアプローチをさらに進め、システムポインタを通常のローカルなシステムポインタとしてとともに、リモートから動かされるテレポインタとしても使う共有方式を提案する。このとき、まず問題となるのが、システムポインタをローカルに使うローカルモードとテレポインティングに使うリモートモードとの共存と切替えをどのように実行するかということである。また、テレポインティングを使えるユーザが1人に限定されるので、このユーザをどのように決めるのか、また、テレポインティングを使える権利をどのようにして遷移させるのかも重要な問題となる。これらの問題の解決法を次節で説明する。

3.2 共有の制御方法

本節では疎結合共有ポインタの特徴とその制御方法を述べる。

本方式では、1つ1つのコンピュータ内のシステムポインタにローカルモードとリモートモードを導入する。このシステムポインタのモードは共有ウィンドウのユーザ全員のマウスの動きによって決まる。ローカルモードは通常のシステムポインタとして、ローカルなマウスによって動かされ、マウスボタンのクリックやドラッグも有効である。リモートモードでは共有ウィンドウの他のユーザのマウスによってシステムポインタが動かされる。このとき、リモートのマウスの動きのみが伝えられ、マウスのボタンのアップ、ダウンやドラッグなどの操作は伝えられない。

また、テレポインタの制御権という概念を導入する。制御権とは、リモートのユーザのシステムポインタを動かす権利のことである。システムに制御権を持ったユーザは1人しか存在しない。この制御権もマウスの動きだけで決定され、システムによって自動的に生成、移動する。初期状態では誰も制御権を持たない。初期状態では、最初にマウスを動かしたユーザがテレポイ

ンタの制御権を持つ。テレポインタの制御権はマウスの動きを止めてから一定時間、 t_1 、の間は有効であり、他のユーザに制御権を奪われることはない。テレポインタの制御権を持ったユーザが一定時間、 t_1 、以上マウスを動かさないとき、最初にマウスを動かしたユーザが制御権を得る。テレポインタの制御権を持ったユーザが一定時間、 t_1 、以上マウスを動かさないときでも、他のユーザがだれもマウスを動かさないときは制御権は移動しない。

制御権と各コンピュータのシステムポインタのモードは密接に関係している。自分がマウスの動きを止めてから一定時間、 t_1 、が経過し、他人がテレポインタの制御権を持っているときにリモートモードになる。リモートモードでないときはローカルモードになる。自分が自分のマウスを動かしているときは、他のユーザのマウスの動きに関係なく必ずローカルモードになる。また、マウスの動きを止めてから一定時間、 t_1 、の間もローカルモードになる。また、誰もテレポインティングの制御権を持っていないときもローカルモードになる。自分のシステムポインタがリモートモードのときだけ、テレポインティング機能が働き、このときシステムポインタは制御権を持っているユーザのマウスに従って動く。

ここでマウスの動きを止めてから t_1 時間は制御権やモードを遷移させない理由を説明しよう。ウィンドウシステムでは、メニューをマウスでクリックしてプルダウンメニューなどのサブメニューを出しそこからコマンドやファイルを選択することが頻繁に行われる。このような作業を行う時、サブメニューを出してからそれを確認し、選択するまではマウスを動かさないことが多い。このようなサブメニューの確認は一連の処理の途中なので、このときに他のユーザに制御権を奪われることがあってはならない。そのためにマウスの動きを止めてから t_1 時間は制御権やモードを遷移させないことにしている。

この方法が実際にどのように動作するかをユーザが2人の場合を例にとりて説明する。ユーザが2人のとき、2人ともローカルモードの場合と、1人がリモートモードでもう1人がローカルモードの場合の2つがある。前者のとき、それぞれのユーザは図2のようにシステムポインタを通常のシステムポインタとして使用する。後者のときは図3のように、ローカルモードのユーザは制御権を持ち、他人のシステムポインタを動かす。リモートモードのとき、システムポインタの色や形を変え、このときこのテレポインタを動かして

いる参加者が誰かわかるようにする。

図4に示した例を使って2人の場合をさらに詳しく説明しよう。

この例では、まずユーザAが先にマウスを動かし始める。これによって、Aはテレポインティングの制御権を得る。ユーザBはマウスを動かしていないので、Bのシステムポインタはリモートモードとなり、ユーザAがテレポインティングを行なうことができる。

その後Bもマウスを動かし始める。これによってBのテレポインタもローカルモードになる。このとき、Aは依然マウスを動かしているためAは制御権を保持している。しかしBのシステムポインタはテレポインタとしては動かない。なぜならばBのシステムポインタはBがマウスを動かしたことによって他のユーザの状態にかかわらずローカルモードになったからである。このようにローカルモードに優先権を与えているので、他のユーザがテレポインティングの制御権を持っていたとしても、テレポインティングを一時中断して自分のローカルな処理を即座に行なうことができる。制御権よりもローカルなユーザの操作権の方が強いので、制御権を持っていたリモートのユーザのテレポインタを動かせるとは限らないのである。

つづいてAがマウスの動きを止め、 t_1 時間経過後の状態を考えよう。このとき、Bはマウスを動かしているので制御権はBに移る。Aのシステムポインタはリモートモードになり、Bのマウスによって動かされる。

図5にはテレポインタの所有者も記入されている。所有者とは、テレポインティング機能が働き、少なくとも誰か1人のシステムポインタがリモートモードとなってリモートのマウスで動かされているとき、制御権を持って他ユーザのシステムポインタを動かしているユーザのことである。

次にユーザが3人のときを考えてみよう。このとき、3人のシステムポインタのモードの可能な組合わせは、3人ともローカルモード、1人がローカルモードで2人がリモートモード、2人がローカルモードで1人がリモートモードの3つの場合がある。

3人ともローカルの場合は、初期状態以外ではそのうちの誰か1人が制御権を有しているが、3人のシステムポインタどれもが通常のウィンドウ操作にローカルに使用されている。1人がローカルモードで2人がリモートモードの場合、ローカルモードのユーザが制御権を持ち、他の2人のシステムポインタはテレポインタとして動作し、ローカルモードのユーザがこれを動かす。2人がローカルモードで1人がリモートモー

ドの場合は、ローカルモードの2人のうち1人が制御権を持ち、リモートモードのユーザのシステムポインタは制御権を持っているユーザによって動かされる。

4人以上の場合も同様に動作する。以上の説明でわかるように本方式は各ユーザの自律性を尊重し、完全分散制御で緩やかな結合をした共有ポインタを実現する。

4 実装と考察

4.1 試作システム

本方式を著者らが作成しているマルチメディアコンピュータ会議システム[7]上に実装した。このコンピュータ会議システムは主としてプレゼンテーションを支援するためのシステムで、動画、音声、テキスト、イメージ、グラフィックスなどのマルチメディアデータを扱うことができる。このシステムは日本語OS/2バージョン2.0を稼働させたPS/55上に実現されている。この会議システムの構成を図5に、実行中の画面例を図6に示す。

本論文で述べた疎結合共有ポインタは現在2人用のバージョンが実現されている。これは、タイマにより200msecごとに自分のポインタの位置とどのウィンドウの上にいるかを相手に教えている。ただし、情報の変化がないときは送信を行わない。この会議システムではこの共有ポインタを使用する機能が3つ存在し、共有ポインタのモジュールはこれら3つの機能にそれぞれテレポインティングの機能を提供している。つまり、図7のような集中実装方式を採用している。

4.2 考察

共有テレポインタの制御権とモードはすべてマウスの動きのみによって判定され、システムによって自動的に実行される。制御権やモードの遷移をキーボードによるコマンド入力や、メニューからのコマンド選択を行わないために、簡単に行うことができる。

ユーザのローカルな操作を妨げないために、ユーザがシステムポインタを通常の自分のウィンドウ操作に使用する場合にはテレポインティングがマウスを動かすことによって自動的に中断される。このローカルモードへの遷移も特別な操作なしで自然に行われるのでユーザにとって使いやすい方式となっている。言い換えると、自分がシステムポインタを必要としないときだけ自動的にリモートモードになり、他のユーザからのテレポインティングが有効になる。このように厳

密な WYSIWIS(What Your See Is What I See) を緩和することによって緩やかな結合をしたテレポインタを実現している。

これらの制御アルゴリズムはユーザ全員のシステムポインタの動きとそれらがどのウィンドウの上にあるかという情報を使用する。このアルゴリズムは完全分散で実行されるので、ポインタの情報以外は他のコンピュータに依存しない。また、あるコンピュータが障害を起こして停止してしまっても、他のコンピュータからは障害コンピュータはマウスを動かしていないように見えるだけなので、悪影響を与えることはない。

一般にテレポインタを多人数で使用すると、各ユーザが他のユーザすべてに自分のシステムポインタの位置などを教えるので、通信量が膨大になってしまう。このような処理を効率良く行うために、信頼性のあるブロードキャスト [8] や全対全通信 [9] などのグループを対象とした通信方式の利用や制御アルゴリズムの開発が必要となる。

実際に試作システムを使用した経験では、ユーザ数が 2 人ということもあり、テレポインティングの制御権を取り合うことはほとんどなかった。テレポインティングの制御権やモード間の移行はマウスの通常の動きだけで実現できているので、余分な操作をすることなく自然なマウスの操作を妨げずにテレポインティングを実行できた。しかし、自分がテレポインティングをしているつもりでも、相手がローカルモードになっているとテレポインティングは無効となってしまう。相手が自分のテレポインティングを見ているかどうかかわからないと制御権のあるユーザは不安になる。この問題を解決するために、自分が制御権を持っているときに、相手がローカルモードかリモートモードかわかるようにポインタの色を変えることにした。

5 おわりに

共有ウィンドウで使用されるテレポインタの新しい制御方法と実現方法について述べた。本方法は、システムポインタをテレポインタとしても使用し、ユーザ間でただ 1 人がテレポインタを動かすことができる共有テレポインタを採用した。本方式はユーザ数が少ないシステムやユーザ間のインタラクションの激しくないシステムに適している。多人数で使用する場合には通信量が多くなってしまうので制御アルゴリズムと通信方式の検討が必要となる。

参考文献

- [1] Stefik, M., Foster, G., Bobrow, D. G., Kahn, K., Lanning, S. and Suchman, L.: Beyond the Chalkboard: Computer Support for Collaboration and Problem Solving in Meetings, *Commun. ACM*, Vol. 30, No. 1, pp. 32-47 (1987).
- [2] Stefik, M., Bobrow, D. G., Foster, G., Lanning, S. and Tatar, D.: WYSIWIS Revised: Early Experiences with Multiuser Interfaces, *ACM Trans. Office Info. Syst.*, Vol. 5, No. 2, pp. 147-167 (1987).
- [3] Ahuja, S. R., Ensor, J. R. and Horn, D. N., The Rapport Multimedia Conferencing System, *Proc. ACM Conf. Office Info. Syst.*, pp. 1-8 (1988).
- [4] 渡部 和雄, 阪田 史郎, 前野 和俊, 福岡 秀幸, 大森 豊子: マルチメディア分散在席会議システム MERMAID, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 9, pp. 1200-1209 (1991).
- [5] 中山 良幸, 森 賢二郎, 中村 史郎, 山光 忠: 多者間電子対話システム ASSOCIA, 情報処理学会論文誌, Vol. 32, No. 9, pp. 1190-1199 (1991).
- [6] Tanigawa, H., Arikawa, T., Masaki S. and Shimamura, K.: Personal Multimedia-Multipoint Teleconference System, *Proc. IEEE INFOCOM '91*, pp. 1127-1134 (1991).
- [7] 安藤 史郎, 中島 周, 黒沢 隆: 遠隔マルチメディア・プレゼンテーション・システム, 情報処理学会研究報告 (マルチメディア通信と分散処理), Vol. 92, No. 35, 92-DPS-55, pp. 63-70 (1992).
- [8] 滝沢 誠, 中村 章人: 1 チャネル上の全順序放送通信プロトコルにおけるデータ転送手続き, 情報処理学会論文誌, Vol. 31, No. 4, pp. 609-6117 (1990).
- [9] 中島 周: n 対 n 通信のための 2 段相互マルチキャスト, 電子情報通信学会論文誌, Vol. J75-D-I, No. 1, pp. 19-29 (1992).

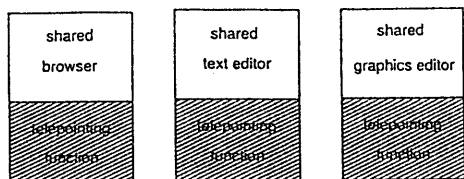


図1 テレポインティング機能の分散実装方式

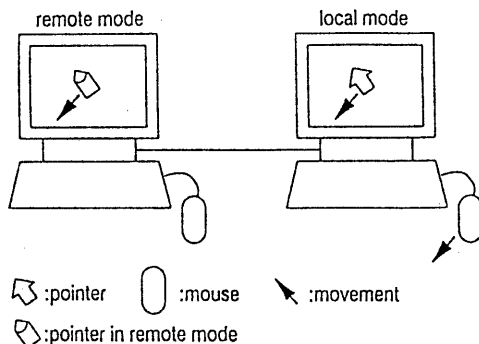


図3 疎結合共有ポインタのモード (2)

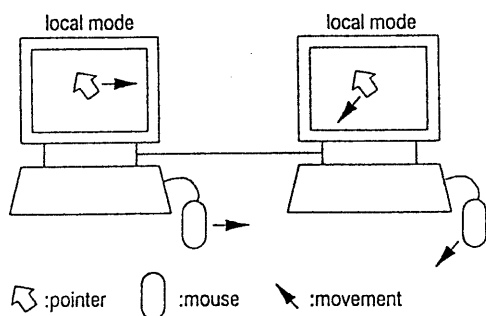


図2 疎結合共有ポインタのモード (1)

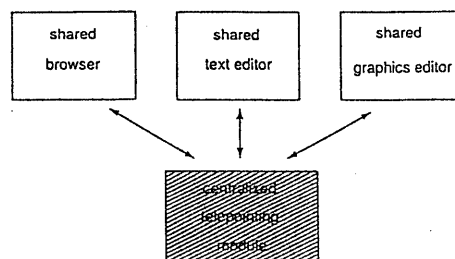


図7 テレポインティング機能の集中実装方式

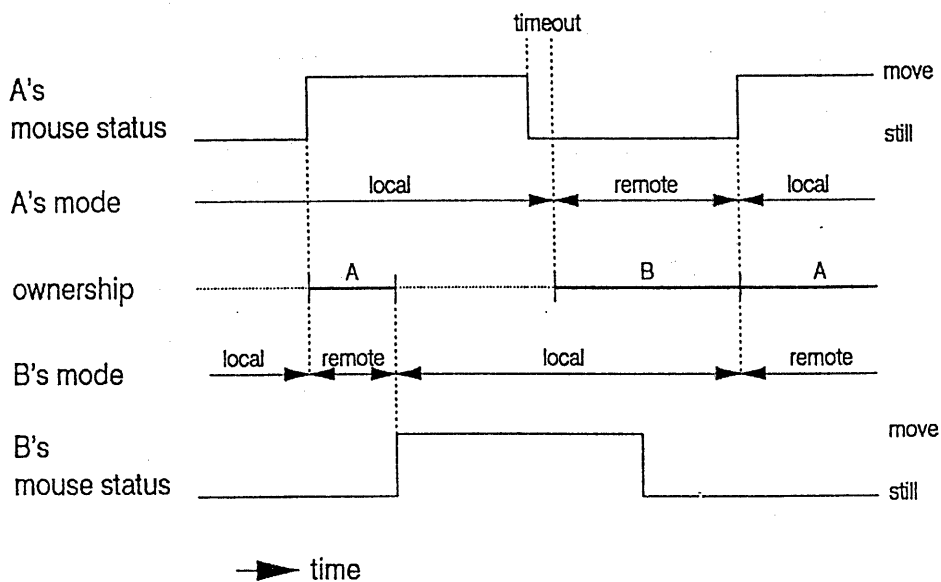


図4 2人の場合のモードの遷移

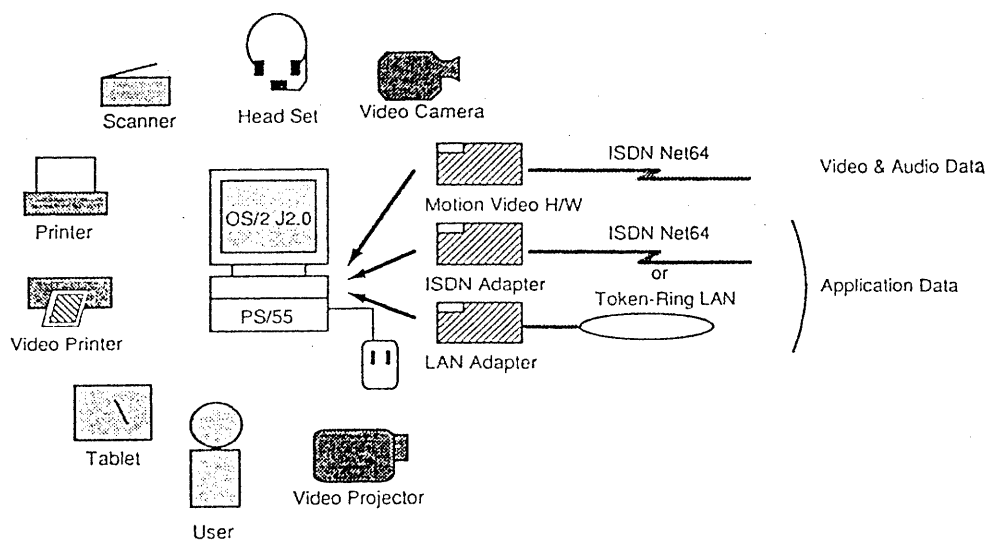


図5 会議システムの構成

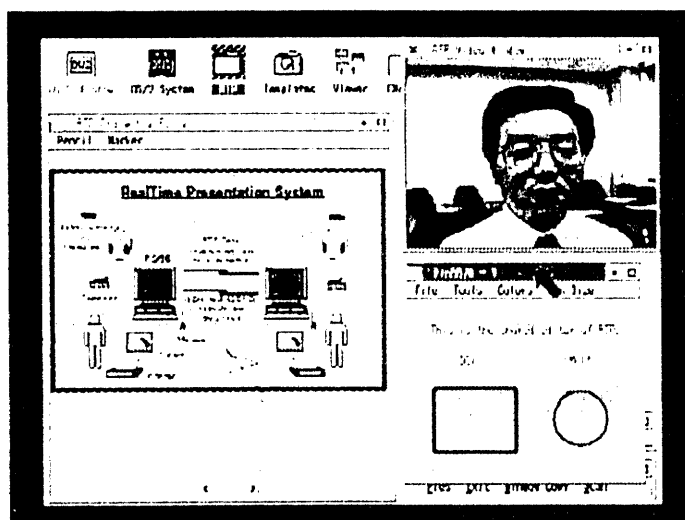


図6 会議システムの画面例