

## 研究会推薦論文

## 集まったその場での協同作業を支援する モバイルグループウェアシステム「なかよし」

倉島 顕 尚<sup>†</sup> 前野 和 俊<sup>†</sup> 市村 重 博<sup>†</sup>  
田頭 繁<sup>†,☆</sup> 武次 将 徳<sup>††</sup> 永田 善 紀<sup>††</sup>

モバイルグループウェアのコンセプトは、無線通信端末による任意の場所での協同作業の支援という形で、人と人とのコミュニケーションに役立つものとして、携帯端末に新しい付加価値を与える。そのモバイルグループウェアシステムの1つの実現形態として、ここでは携帯端末を持ち寄った人々が集まった場での協同作業を支援するシステム「なかよし」を提案する。「なかよし」の目的は、無線通信機能を持った端末さえあれば、他の機材をいっさい必要とせずに、任意の人々とその場で協同作業できる環境を用意することにある。このシステムを実現するにあたり、アドホックネットワーク生成技術や、グループ管理の分散化のための技術、端末間の通信インフラとしての PHS 子機間パケット通信技術、「なかよし」に適したグループウェアのアプリケーションの実現技術について検討し、実装と評価を行った。アドホックネットワークは、端末が互いに直接通信できる状態のときに、その場所で形成する一時的なネットワークである。「なかよし」では、その中にグループを作り、協同作業のためのアプリケーションを動作させる。試作システムでは、アプリケーションとして分散プレゼンテーション、ファイル配布など会議というオフィスユースを念頭においたものを用意したが、アプリケーションを置き換えることで教育やホビーに、あるいは情報提供サービスなどへ応用できる。

### A Mobile Groupware System "Nakayoshi" Supporting Local Area Collaboration

AKIHISA KURASHIMA,<sup>†</sup> KAZUTOSHI MAENO,<sup>†</sup> SHIGEHIRO ICHIMURA,<sup>†</sup>  
SHIGERU TAGASHIRA,<sup>†,☆</sup> MASANORI TAKETSUGU<sup>††</sup>  
and YOSHIKI NAGATA<sup>††</sup>

The "mobile groupware" concept, which provides a location-free collaboration environment, has given rise to new applications for mobile computers (MCs) with wireless communication equipment. We propose a mobile groupware system called "Nakayoshi" which enables much more flexible group computing at local areas than is possible with current network technology. A practical mobile host architecture and a new network management technology, allow users to freely establish or enter and leave the network at any time. Our original PHS packet communications protocol provides the communications infrastructure. With these three software-based technologies, MCs only need to be equipped with a low power radio modem for a network to be established. In the resulting system, one MC is assigned to act as server and guarantee the communications infrastructure, and then the necessary wireless network set-ups are completed. The system gives MC users the flexibility to hold conferences and seminars, or work jointly on electronic files and presentations from preferred indoor or outdoor locations. Apart from the more immediate business application possibilities, the system could also be used, for example, by teachers and students for classes whose composition changed with time. Additional possibilities are for use in homes and outdoors.

#### 1. はじめに

携帯端末の普及と無線通信技術の発展は、モバイル

<sup>†</sup> NEC C&C メディア研究所

NEC C&C Media Research Laboratories

<sup>☆</sup> 現在, NEC マイクロ波衛星通信事業部

Presently with NEC Microwave and Satellite Communications Division

<sup>††</sup> NEC 移動通信システム事業部

NEC Mobile Communications Systems Division

本論文の内容は 1997 年 7 月のマルチメディア、分散、協調とモバイルワークショップにて発表され、モバイルコンピュータ研究会主催により、情報処理学会論文誌への掲載が推薦された論文である。

コンピューティングという新しい端末の利用形態をもたらした。モバイルグループウェアは、携帯端末利用者間のコミュニケーション手段として、複数の携帯端末による協同作業を支援するものである。

モバイルグループウェアシステム「なかよし」では、複数の端末が互いに電波が届くような近い範囲に集まったときに、一時的にネットワークを構成し、その場に集まった人々の協同作業を支援する。本論文では、この「なかよし」システムのコンセプトとこれを構成する技術、システムの設計と実装について述べる。

2章では、本システムの利用イメージについて述べる。3章でシステム設計における課題をあげ、アドホックにグループを作成する手法については4章で、グループ情報の管理については5章で、アプリケーションについては6章で述べる。7章では、システムの実装について述べ、最後にまとめる。

## 2. 利用イメージと通信モデル

### 2.1 システムの目的

従来の電子会議システム<sup>1)</sup>は、据え置き型のPCやWSを用いて協同作業を支援するものであった。ここにモビリティの機能を付加するとき、理想的にはユビキタス・コンピューティング<sup>2)</sup>のように、どこでも使える通信システムが存在すればよいが、現実には状況に応じて選択するしかない。ここで2つに場合分けができる。1つは協同作業の場合は移動せずに参加者が移動するもの、もう1つは参加者とともに協同作業の場が移動するものである。前者は、一部の参加者が移動した場合などで、どこからでも同じ環境へのアクセスを実現する<sup>3)</sup>。このとき、無線システムとしては携帯電話やPHSなどの無線公衆網が利用できる。後者は、参加者が移動した先で協同作業の場を形成する<sup>4),5)</sup>。無線システムとしては無線LANや赤外線などが利用できる。本システムも、後者の立場であり、携帯端末の移動者が集まった対面環境での作業を支援する。

### 2.2 利用形態

本システムで想定する利用形態は、たとえば、講義や講習会、セミナー、会議などでの資料の配布、プレゼンテーション、出会った人との名刺交換などの情報交換、出会いの履歴の蓄積と再利用、あるいは友人の集まりでのゲームなどがある。言い換えると、人と人が出会う場での、対面環境での協同作業の支援である。人の出会いは、家庭、職場、学校、外出先などさまざまな場所で発生するので、利用の柔軟性の面から、屋内外を問わず利用できるシステム構成であることが望まれる。規模として、数人での打合せから、教室での

表1 無線LANとPHS子機間パケット通信の比較  
Table 1 Wireless LAN and PHS packet communication.

	利点	欠点
無線LAN	100 m 程度 速い (2 Mbps)	価格が高い 隠れ端末問題
PHS 子機間 パケット通信	150 m 程度 40 ch あり 公衆網も可	遅い (32 kbps)

利用など 50~100 名程度までを考える。

### 2.3 通信モデル

移動端末が、ある移動先での協同作業の集まり(グループ)に参加するときの、端末間の通信モデルについて検討する。端末間の通信環境を実現するネットワークは、実現方法について2つの側面から考えられる。1つは、有線か無線かという物理的な端末間の接続形態、もう1つは、そのネットワークが固定的か一時的かというネットワークの生成方法に関する。

前者に関しては、場所と状況を選ばない点で、無線利用とする。後者について、固定的なネットワークとは、あらかじめ移動した先で使えるネットワーク環境が準備されているという意味である。たとえば、端末が移動した先にあるネットワークが使えるように、あらかじめIPアドレスを設定している場合や、もともと同一ネットワークに属する移動端末どうしが、そのネットワーク環境ごと移動した場合が該当する。ここでは、どこでも任意の端末間で自由に利用できる、柔軟性のある環境を提供することを考え、無線により一時的(アドホック)にネットワーク環境を用意する方法を考える。

### 2.4 無線システム

無線システムの選択であるが、WirelessDAN (Desk Area Network) の試作システム<sup>4)</sup>では5~10 mの距離で1 Mbpsの通信速度を有する独自の無線システムを実現していた。本システムはセミナー会場などでの利用も考え、それより一回り広い範囲で通信できる無線システムの利用を検討する。候補として無線LANとPHS子機間パケット通信<sup>6)</sup>を考えると、得失は表1のようになる。通信速度を考えれば無線LANが良いが、無線公衆網とも共用できるのがPHSの利点である。持ち歩く端末を対面の協同作業だけに使うとは考えにくいので、ここではPHSを利用することを考え、無線LANへの適用については最後に考察する。

## 3. システム設計における課題

前章で述べた端末の利用環境をもとに、システムのアーキテクチャを検討し、課題を抽出した。

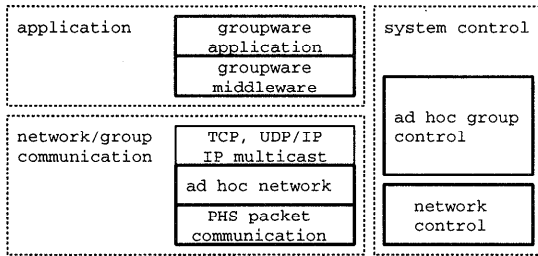


図1 システムアーキテクチャ

Fig. 1 An image view of this system architecture.

本システムで提案するアーキテクチャを図1に示す。今回開発した部分を太枠で囲む。システムの構成要素は大きく3つに分けられるが、以下に述べるように、システム開発にあたってはそれぞれ課題がある。グループの構成に関する課題 その場に集まった端末間で、一時的なグループ内通信環境をどう作るのか。PHSを用いての物理的な通信手段から、論理的なネットワークプロトコルまでの具体的な実現方法を決めるのが、第1の課題であり、4章で検討する。

システム制御に関する課題 システム制御は、グループとアプリケーションの階層構造が正しく機能するように、システムの利用に必要な制御を行う。端末によるグループの開催、参加の処理やグループ間で排他的なリソースの管理の実現方法が第2の課題である。デスクトップ会議システムのような固定的なシステムでは、複数のグループを統括して管理するサーバ（グループ管理サーバ）により集中的に管理すればよいが、本システムでは、その場に集まった端末のみでリソースを管理する必要がある、サーバを必要としない管理方法を5章で検討する。

アプリケーションに関する課題 グループが作成された中でのアプリケーションの実行環境および開発環境に関する検討が最後の課題である。本システムでは、端末間でのデータ通信に、通信容量の小さいPHSパケット通信を利用しているため、そのような環境に適したアプリケーションの構成方法を6章で検討する。

#### 4. アドホックなグループの作成方法

本システムでは、端末間で一時的にグループを作る方式を、以下に述べる3層構造とした。

第1層 PHS子機間パケット通信による端末間通信。

第2層 端末間でIP通信を可能とする方法。

第3層 IPネットワーク上での論理的なグループ。

第1層は、物理的な端末間の通信機能を実現する。PHSで子機間通信用に割り当てられている40個のチャンネルのうち、1つを選択して端末間の通信に利用

する。この層で、データリンク層までを提供する。

第2層は、第1層の上に、IP通信環境を実現する。IPを採用したのは、端末間の通信プロトコルとして広く普及し、各種OSに実装されていることによる。第1層で使用する1つのPHSチャンネルの上で、1つのIPネットワークを実現する。

第3層は、第2層の上に論理的なグループを実現し、グループ内通信を可能とする。無線の同報性を活かすため、グループではIPマルチキャスト通信を使うこととし、そのために用いるIPマルチキャストアドレスでグループを区別する。

##### 4.1 PHS子機間パケット通信

PHSパケット通信方式<sup>6)</sup>は、PIAFSなど、PHS公衆サービス網で提供されている回線交換方式とは異なり、PHS端末間でのパケット通信を可能とする。PHSパケット通信方式の標準は存在せず、独自に開発した方式である。方式の詳細は文献6)に述べられているが、本システムに関係ある部分について、ここで述べる。

方式概要 PHSパケット通信方式は、PHS標準規格(RCR STD-28)<sup>7)</sup>のオプションで定められているユーザスペシフィックパケットチャンネル(USPCH)を使用し、基地局対子機または子機対子機の1対1通信を、複数端末間でのパケット通信に拡張したものである。本システムでは、この方式を端末間で直接通信する子機間直接通話機能(トランシーバ・モード)に適用したものをを用い、これをここではPHS子機間パケット通信と呼ぶ。PHS子機間パケット通信は、データリンク層の通信を提供する。PHS子機間パケット通信とトランシーバ・モードでの音声通話とは、チャンネル識別子(CI)により区別される。

チャンネルと仮親 PHSは4チャンネルTDMA/TDDを用いており、1つの周波数上で4送信スロット+4受信スロットの構成をとる。トランシーバ・モードには10波が割り当てられており、送信スロットと受信スロットの組からなるチャンネルは、全部で40チャンネルが利用できる。一群の端末間でのPHS子機間パケット通信では、このうちの1つのチャンネルを使用する。チャンネルあたりの通信速度は32kbpsである。複数の端末が、1つのチャンネルを使用して通信する際は、そのうちの1つの端末が同期信号を発信し、他の端末は、この同期信号に同期する。この同期信号を発信している端末を、仮親と呼ぶ。どの端末でも仮親になれるが、

\* 同じ親機への親機登録により取得した、同一のシステムIDを持つ場合に限り、10波40チャンネルを利用可能。

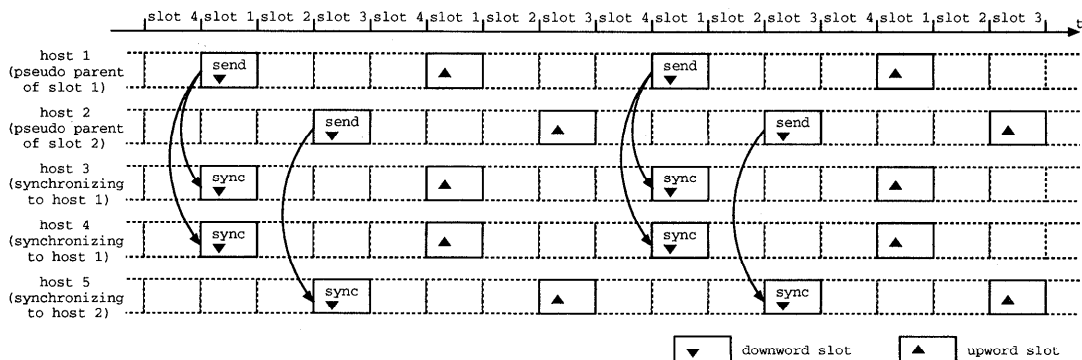


図 2 PHS 子機間パケット通信での端末の同期

Fig. 2 Synchronization between hosts for PHS packet communication.

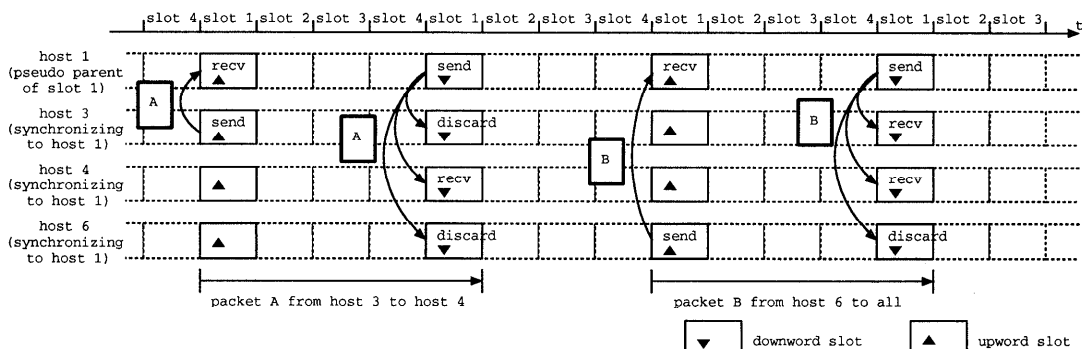


図 3 PHS 子機間パケット通信でのパケット送信の様子

Fig. 3 Sequences for sending packets in PHS packet communication.

1つのチャンネル内では、1つの端末だけが仮親となる。仮親は同期信号発信前にチャンネルを検索し、他の通信との干渉がないチャンネルを選ぶ。PHS子機間パケット通信では、仮親の受信スロットを上りスロット、送信スロットを下りスロットと呼ぶ。

**同期と送受信** 端末間の同期の様子を図2に示す。ここでは、端末1と2が仮親となり信号を送出、端末3, 4は端末1に、端末5は端末2に同期している。この状態で、端末1, 3, 4の端末は相互に通信でき、端末2と5も相互に通信できるが、別のスロットに同期している端末間では通信できない。なお、図2では、説明の簡略化のために端末1と2のスロット間同期も実現されているかのように書いてあるが、実際には仮親間の同期をとるものは存在しないため、このように綺麗にスロットが並ぶとは限らない。

PHS子機間パケット通信では、すべての通信は仮親が中継する。仮親は、上りスロットで受信した他の端末からのパケットを、下りスロットで回報する。各パケットには宛先が含まれており、宛先に指定された端末だけがパケットを受信する。宛先の指定方法により、

ある特定の端末への個別送信も、同じチャンネルに同期しているすべての端末への回報も可能である。図3では、パケットAは端末3から端末4宛で、仮親である端末1が中継し、下りスロットで全端末に回報するが端末4以外は受信しない。パケットBは全端末への回報パケットで、送信元の端末6では内部で折り返されるため仮親から来たパケットを捨てているが、他のすべての端末は受信する。

#### 4.2 IPネットワークの形成

PHS子機間パケット通信でサポートされるデータリンク層の上でIPを動作させることを検討する。IPを使って通信するには、各端末がIPアドレスを持つことと、互いにそのIPアドレスで通信できるように設定されていなければならない。

これを実現できる方法は2つある。1つはDHCP<sup>8)</sup>を用いてその場でIPアドレスを割り当てる方法、もう1つは各端末にあらかじめIPアドレスを与えておき、無線リンクが確立したときに互いに経路情報を交換し動的にルーティングを変更することで通信を可能にする方法<sup>9)</sup>である。ここでは、PHSパケット通信が

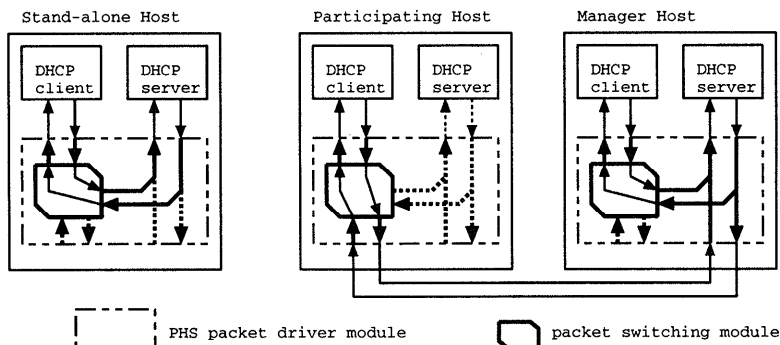


図 4 動作状態による IP アドレス取得経路の変化  
Fig. 4 Change of IP address acquisition paths.

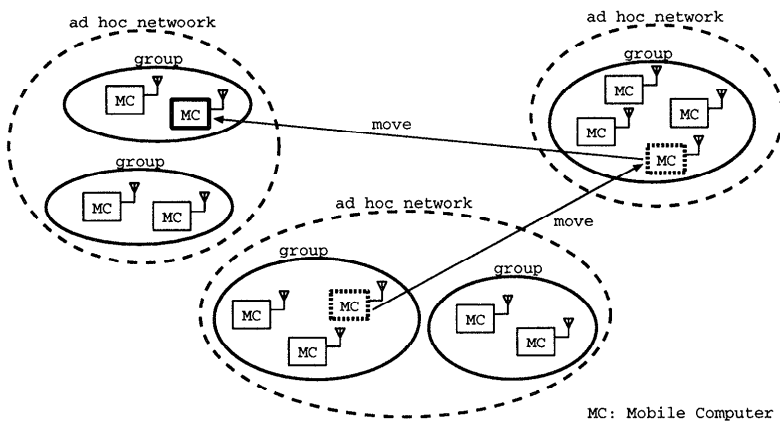


図 5 ネットワークとグループの階層モデルと移動端末  
Fig. 5 Mobile hosts in a network and group hierarchy model.

1つのブロードキャストネットワークとして見えることや、プライベートアドレスの広がり度で IP アドレスが一致しないことを保証できないことから、DHCP を用いることとした。このとき、一時的なネットワーク内で、どう DHCP サーバを配置するかが問題となる。

PHS 子機間パケット通信を使った、アドホックネットワーク上では、チャンネルの利用を開始した端末（仮親）が必ず 1 つだけ存在する。そこで、その最初の端末上で、DHCP サーバが動作することとし、後から参加する端末は、ネットワーク内の DHCP サーバにより IP アドレスの割当てを受ける（図 4）。どの端末もネットワークの最初の 1 台になりうるので、各端末に DHCP サーバは存在し、必要なときに活性化される。ネットワークに参加していないが、IP アドレスが必要な場合は自端末の DHCP サーバを利用する。

### 4.3 論理的なグループの生成

グループとネットワークの階層構造 ネットワークとグループの関係については、2つの考え方がある。1

つはネットワークとグループが同じものであるというもの、もう 1 つはネットワークには複数のグループが存在するというものである。ネットワークとグループが 1 対 1 に対応している方が、管理の面では容易であるが、その場合、グループの数が、その場に作成できるネットワークの数に制限されてしまう。本システムでは、論理的なグループの数の制限をなくすため、1つのネットワーク内に複数のグループが存在する階層構造を考えた。この結果、端末は、図 5 に示すように、ネットワークとグループの階層構造の中を移動することになる。ただし、1つのネットワークに複数のグループが存在すると、狭い通信帯域を共有しなければならなくなるので、可能な限り 1つのネットワークあたりのグループ数が均等となるように制御する。

グループ内通信 グループ内の通信には IP マルチキャストを利用する。1つのグループに 1つの IP マルチキャストアドレスを割り当て、グループ内での通信に利用するとともに、グループの区別にも利用する。

IP マルチキャスト通信を利用する際には考慮すべき点は以下のとおりである。

- (1) IP マルチキャストアドレスはグループ間で排他であるので、排他割当て制御機構を用意しなければならない。
- (2) IP マルチキャスト通信では参加者が特定できないので、セキュリティへの配慮が必要である。
- (3) グループウェアに必要な順序制御や信頼性保証が、IP マルチキャスト通信にはない。

第 1, 2 項への対策は、それぞれ 5.1, 5.2 節で述べる。**順序制御と信頼性保証** グループ内では、IP マルチキャスト通信を利用することが原則であるが、順序制御、信頼性保証が必要な場面もある。一般に、そのような制御が必要なのは、アプリケーションの操作権の受渡しなどであり、トラフィックも少ないと考え、制御の必要な通信に TCP/IP により信頼性の保証された通信経路を用意することとした。そのために順序制御を行うグループ内制御部をグループに 1 つ置き、各端末は、必要なときに、この制御部に要求を発行する。

## 5. システム制御

システム制御の役目は、端末によるグループの開催、参加などの処理を行うためのリソースの割当てや、ネットワークの生成制御である。

### 5.1 グループ情報管理と排他制御

グループが使う IP マルチキャストアドレスなど、グループ間で排他的に使うべきリソースは、管理が必要である。ここでは、特に固定的なグループ管理サーバを設けず、端末のみの管理機構を実現することを目指す。そのため、すべての端末に同じようにグループの情報を保持させ、その情報に基づいて、リソースが必要になった端末が自律的に判断することとした。この役割は、アドホックグループ制御部が担う。

**端末間でのグループ情報の同一化** グループ情報とは、開催されているグループに関する情報であり、それには、グループを識別するためのグループ名、グループで使用する IP マルチキャストアドレス、グループ種別、グループの存在（使用）している PHS チャンネル、その他の拡張用パラメータがある。これらの情報は、グループ情報パケットとして端末間で交換される。グループ情報パケットの種類と、それに含まれる情報は表 2 のとおりである。情報応答パケットは、情報要求パケットを受けたとき、または新たなグループが開始されたときに発信される。終了通知パケットは、グループが終了したとき発信され、使用されていたリソースの開放を通知する。これらのパケットは、あら

表 2 グループ情報パケットの種類

Table 2 List of group information packets.

パケット	パラメータ
情報要求	(パラメータなし)
情報応答	使用 IP マルチキャストアドレス、グループ名称、グループ種別、拡張用パラメータ
終了通知	使用 IP マルチキャストアドレス

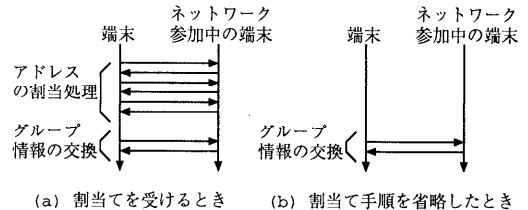


図 6 IP アドレス割当て手順の有無による情報取得処理数の違い

Fig. 6 Decrease in the number of process steps by eliminating IP address assignment.

かじめ決められた IP マルチキャストアドレスで同報される。

**排他割当て制御** グループ間での排他的なリソースの割当ては、新しいグループを開催する端末が、自身の持つグループ情報をもとに判断して実行する。割当て結果は、情報応答パケットとして他の端末に同報する。リソースの選択には乱数を用いる。タイミング次第で同じリソースを割り当てうるが、実現可能性の検証ということで、現段階ではそれ以上の対応はしていない。

### 5.2 非公開グループ

4.3 節で述べたセキュリティの問題に対しては、グループの種類として、公開グループと非公開グループを用意することとした。非公開グループであれ、リソースの排他割当て制御の対象であるので、グループの情報自体は各端末に通知される。そこで、情報応答パケットにグループ種別を含め、非公開種別の場合は、ユーザインタフェース上に表示しない対応とした。

### 5.3 グループ情報収集処理の高速化

どのグループにも、どのネットワークにも参加していない端末が、協同作業を開始するには、その端末からアクセスできるすべてのネットワークと、そのネットワーク内のすべてのグループの情報を集めなければならない。そのために、まず、すでにあるネットワークに一時的に参加することになるが、参加にあたっては、4.2 節により、DHCP でネットワークアドレスの割当てを受ける。しかし、この IP アドレスの割当てにも IP パケットの送受信が何往復か必要で、オーバーヘッドが大きい (図 6 の (a))。グループ情報パケットの送受信だけならば、すべて IP マルチキャスト通信

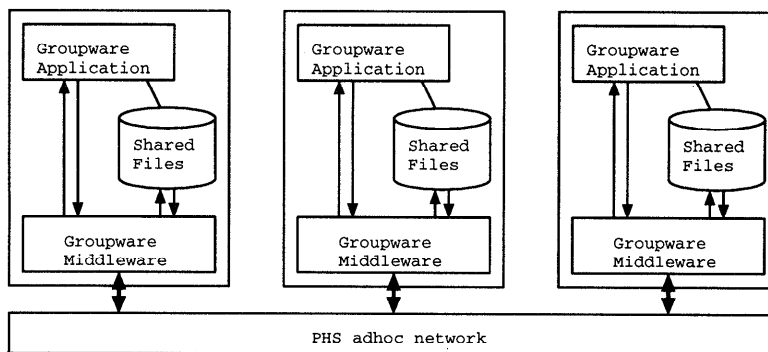


図7 分散方式によるグループウェアアプリケーション  
Fig. 7 Distributed style of groupware application.

なので、特に端末を特定するための IP アドレスは不要である。そこで、本システムでは、グループ情報を収集するために一時的にネットワークに参加するときは、あらかじめグループ収集用として定められた IP アドレスを使うこととし、IP アドレス割当ての処理を省いた。これにより、ネットワーク 1 つあたりの情報取得手順が簡単化され (図 6 の (b)), 端末が複数のネットワーク上のグループ情報取得処理手順が、従来の 4 分の 1 程度となった。

## 6. アプリケーション

利用者に直接協同作業の場を提供するアプリケーション部では、良好なレスポンス性能が要求される。

### 6.1 分散方式の採用

本システムでは、アプリケーションの動作環境を決定するにあたり、通信帯域の狭さを考慮する必要がある。すなわち、アプリケーションの快適な操作レスポンスを期待するならば、可能な限り端末間で交換するデータ量を減らすことが求められる。そこで、図 7 に示すような分散方式を採用した。グループウェアアプリケーションを利用するときには、各端末上でアプリケーションプログラムが動作し、これらが互いに通信する。また、ファイルもそれぞれが同じものを各端末の共有ディレクトリ下に保持し、これを参照する。

### 6.2 アプリケーションの構成

本システム (図 1) では、グループの中で利用するアプリケーションをグループウェアミドルウェアとグループウェアアプリケーションの 2 層構造とした。グループウェアミドルウェアは、グループウェアアプリケーションに対し、アプリケーション間の通信や参加者情報の問合せなどグループウェアとしての動作に必要な機能を提供する。グループウェアミドルウェアがグループウェアアプリケーションに提供する API を、

グループウェア API と呼ぶ。

### 6.3 グループウェア API の役割

グループウェアミドルウェアの提供する機能の 1 つに、アプリケーション間の通信機能がある。アプリケーション間通信には、4.3 節で述べた IP マルチキャスト通信と、順序制御のある通信方法を使ったものの 2 通りある。グループウェア API では、図 8 に示すように、このために 2 つの通信用関数を提供し、アプリケーションが必要に応じて適切な関数を呼び出す。順序制御、信頼性保証を行う関数が呼び出されたときは、図 8 (a) のようにグループの開催端末上で動作するグループ内制御部に送信し、そこからすべての端末に送り、IP マルチキャスト通信用の関数が呼び出されれば図 8 (b) のように IP マルチキャストで送信する。

## 7. 実 装

### 7.1 端末構成

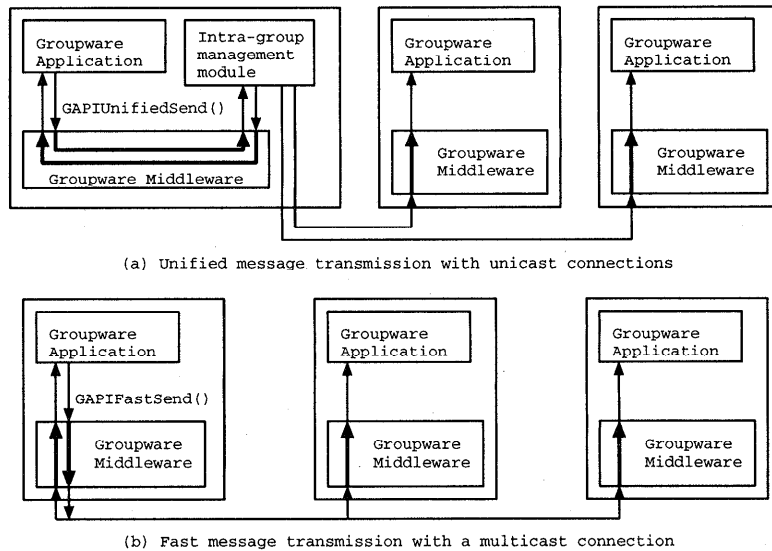
B5 サイズのサブノート PC に試作 PHS カードを挿入した端末を複数セット用意し、実験環境とした。実験用の端末の外観を図 9 に示す。

### 7.2 ソフトウェア構成

端末内のソフトウェア構成を図 10 に示す。このうち、太枠の部分を開発した。これらには、すでに述べたものが含まれるので、ここでは実装に関する部分についてのみ説明する。

OS は、Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>®</sup> 95 operating system<sup>\*</sup>を利用した。ネットワーク通信を実現する部分のうち、IP の実装は OS が提供する Windows<sup>®</sup> Sockets API をそのまま利用した。PHS 子機間パケット通信を実現する PHS パケット通信ドライバの IP パケッ

<sup>\*</sup> Microsoft<sup>®</sup> Windows<sup>®</sup> 95 operating system は、米国 Microsoft Corporation の米国およびその他の国における登録商標または商標です。



(a) Unified message transmission with unicast connections

(b) Fast message transmission with a multicast connection

図 8 グループ内での 2 通りのアプリケーション間通信

Fig. 8 Two communication paths between applications.

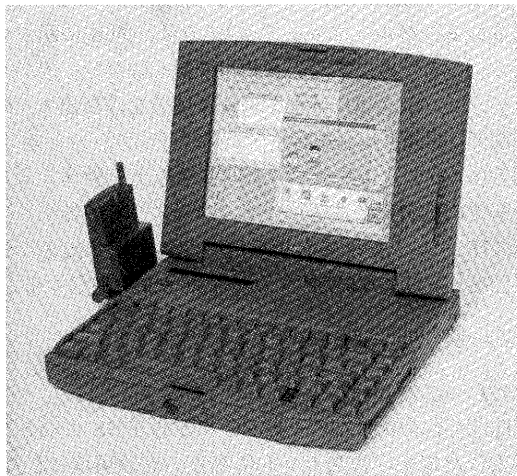


図 9 実験用端末

Fig. 9 Sample host terminal for experimented use.

ト通信部分は NDIS3.1 準拠として作成した。一方、5 章で述べたネットワーク (= PHS チャンネル) の検索など、ソケットインタフェースから呼び出されない PHS 固有の機能については、別途独自のインタフェースを用意した。このインタフェースで提供される主な機能には、チャンネルの検索、チャンネルへの同期、新規チャンネルの割当て、チャンネルからの離脱があり、システム制御部から呼び出される。

DHCP クライアント機能についても、OS が提供する実装をそのまま利用した。

7.3 アプリケーション例

グループ内で利用する協同作業用のアプリケーションとして、プレゼンテーション、ファイル配布、チャット、手書きボードなどのアプリケーションを開発した。これらはグループウェア API 上で動作する。

また、PHS での通信状態を利用者に知らせるため、パケット衝突などの頻度を色で表示するモニタリングプログラムを作成した。このプログラム作成のため、PHS パケット通信ドライバのネットワーク制御インタフェースに、情報収集用の API を追加した。

7.4 評価

開発したシステムを実験用の端末上で実行し、設計どおりの動作を確認した。アドホックネットワーク内の伝送速度は、PHS は 1 チャンネル分、32 kbps である。実験では、試作端末を 7 台使用した。この台数では、端末からのテレポインタ操作や手書き入力程度のデータの転送・表示についてはストレスなく行え、グループ参加時のグループ情報の収集もスムーズに行えた。端

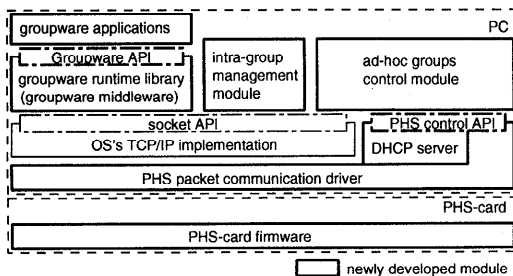


図 10 端末内のソフトウェア構成

Fig. 10 System software structure.



末間の通信可能範囲は PHS の標準どおり 150 m であり、障害物がないなどの好条件下で最大 200 m まで通信可能であった。グループ内の端末数についての評価は、まず、受信端末数に関しては、IP マルチキャスト通信を使用しているため、端末数の増加によるレスポンスの低下はない。しかし、パケットを同時に送出する端末の数が増えると、パケットの衝突によりネットワークとしての性能が下がる。50~100 台という条件を考えると、トラフィックが集中しそうな場合への対策がさらに必要であることが分かった。本「なかよし」システムにおいてトラフィックが集中するものとしては、グループへの同時参加、同時発言、確認 (ACK) 付きのデータ同報があるが、それぞれへの対応方法としては、操作権 (トークン) による同時発言者数の制限、参加シーケンスの軽量化、ACK の削減・送信タイミングの調整が考えられる。

今回の実験では、試作端末はすべて同一 CPU 同一 OS で、かつ作業で利用するグループウェアアプリケーションは事前にインストール済という環境であった。今後、本システムを汎用化するには、これらの制約を外すことが必要である。アプリケーションの事前インストールを不要とするには、アプリケーションを持っている端末が持っていない端末に配付して利用できる機能を用意することが考えられる。異 CPU 異 OS の端末の存在を考慮すると、配付されるアプリケーションは、スクリプト言語のようなインタプリタ上で動作できるものがよく、グループウェア API もそれに対応する必要がある。ただし、自由にアプリケーションを配付し合えるのは利点もあるがセキュリティにも配慮が必要となる。また、複数の端末に同時にアプリケーションを配付するなら、IP マルチキャストが効率良いので、信頼性のある IP マルチキャスト<sup>10)</sup> の導入も考えられる。このようなグループウェアアプリケーションの配付に関する一連の議論は今後の課題である。

### 7.5 無線 LAN への適用検討

本システムで利用した PHS 子機間パケット通信と比べ、無線 LAN には高速で通信できる利点がある。無線 LAN には、基地局を介して通信する方法と、基地局を用いずにピアツーピアで通信する方法がある。「どこでも使える」という条件を考えると、基地局を使う方法は適さない。そこで、ピアツーピアで通信する無線 LAN への適用を考えてみる。無線 LAN の場合には、PHS 子機間パケット通信のような、最初にネットワーク (チャンネル) を使用する端末という概念が存在しない。そのため DHCP を使用するの難しい。また、隠れ端末問題もあるので、4.2 節であげた

動的ルーティング<sup>9)</sup>を利用した方がよい。その際、マルチキャストについても同じく動的ルーティング<sup>11)</sup>が必要である。ここで、IP による通信パスが形成されれば、4.3 節以降の議論はほぼ踏襲できると考える。無線 LAN の場合には、PHS 子機間パケット通信とは違って、複数の独立したチャンネル (ネットワーク) の概念がないため、複数のグループは同じネットワークを共有し、通信帯域を分け合うことになる。

## 8. おわりに

モバイルグループウェアシステム「なかよし」の目的、課題、システム設計および実装について述べた。端末だけで簡単に協同作業環境を構成するという当初の目的に沿った、モバイルグループウェアとしての技術的な基本課題については解決された。本システムの技術を利用すれば、ミニ FM 局のような、局所的な地域情報サービスシステムも構築できる。システムの端末の普及のためには、持ち歩きやすくなるための端末の小型、軽量化など、グループウェア以外の点における課題も解決していかねばならないと考えている。

謝辞 システム開発にご協力いただいた、パーソナル C&C 研究所、NEC テレコムシステムおよび日本システムアプリケーションの皆さんに感謝いたします。

## 参考文献

- 1) Ohmori, T., Maeno, K., Sakata, S., Fukuoka, H. and Watabe, K.: Distributed Cooperative Control for Sharing Applications Based on Multiparty and Multimedia Desktop Conferencing System: MERMAID, *12th International Conference on Distributed Computing Systems*, pp.538-546 (1992).
- 2) Weiser, M.: Some Computer Science Issues in Ubiquitous Computing, *Comm. ACM*, Vol.36, No.7, pp.75-85 (1993).
- 3) 太田 賢, 渡辺 尚, 水野忠則: モーバイル電子会議におけるユーザ支援システムの設計, *DI-COMO97*, pp.215-220 (1997).
- 4) Iwamura, K., Sugikawa, A., Tajima, Y., Ikegami, F., Morioka, Y. and Nakamura, M.: Novel Portable Computer Network for Face-to-Face Communication, *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E78-B, No.10, pp.1365-1371 (1995).
- 5) Murai, S. and Sugikawa, A.: Information on Demand on Nomadic Collaboration Support System, *IEICE Trans. Commun.*, Vol.E79-B, No.8, pp.1083-1085 (1996).
- 6) Taketsugu, M. and Nagata, Y.: A new highly efficient multicast protocol on ad hoc network under slow fading environments, *IEEE*

VTC '97, pp.1982-1986 (1997).

- 7) PHS 標準規格：第二代コードレス電話システム標準規格第2版，社団法人電波産業会，RCR STD-28 (1995).
- 8) Droms, R.: *Dynamic Host Configuration Protocol*, Request for Comments, RFC2131 (1997).
- 9) Corson, S. and Macker, J.: *Mobile Ad hoc Networking (MANET): Routing Protocol Performance Issues and Evaluation Considerations*, Request for Comments, RFC2501 (1999).
- 10) 城下輝治，佐野哲央，高橋 修，塩川鎮雄，山内長承：モバイル環境対応の高信頼マルチキャスト通信プロトコル，*DICOM097*, pp.61-66 (1997).
- 11) Bommaiah, E., McAuley, A., Talpade, R. and Liu, M.: *AMRoute: Adhoc Multicast Routing Protocol*, Internet draft (1998).

(平成 10 年 4 月 30 日受付)

(平成 11 年 2 月 8 日採録)

## 推薦文

本論文は，モバイルコンピューティング環境において集まったユーザがアドホックなネットワークを構成するモバイルグループウェア環境を提案している。特に，独自開発の PHS 子機間パケット通信をベースにした環境を構築しその得失を議論しており，実用化を目指したシステムとしても完成度が高く，推薦する。(モバイルコンピューティング研究会主査 水野忠則)



倉島 顕尚 (正会員)

1993 年東京大学大学院工学研究科電気工学専攻博士課程修了。同年日本電気(株)入社。以来，グループウェアとモバイルコンピューティングに関する研究に従事。現在，C&C メディア研究所主任。博士(工学)。第54回本学会全国大会大会優秀賞受賞。IEEE-CS 会員。



前野 和俊 (正会員)

1980 年東京理科大学理工学部情報科学科卒業。1982 年同大学院修士課程修了。同年，日本電気(株)入社。以来，高速マルチメディア LAN，マルチメディア分散会議システムをはじめとするグループウェアに関する研究開発に従事。現在，C&C メディア研究所研究マネージャー。電子情報通信学会会員。



市村 重博 (正会員)

1994 年東京大学大学院工学系研究科機械工学専攻修士課程修了。同年日本電気(株)入社。以来，グループウェア，モバイルコンピューティング，マルチキャストプロトコルに関する研究に従事。現在，C&C メディア研究所に勤務。



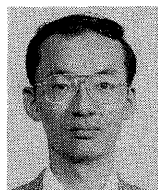
田頭 繁

1995 年上智大学大学院理工学研究科電気電子工学専攻修士課程修了。同年日本電気(株)入社。以来，グループウェアとモバイルコンピューティングに関する研究に従事。現在，同社マイクロ波衛星通信事業部に勤務。電子情報通信学会会員。



武次 将徳 (正会員)

1988 年九州大学大学院修士課程修了。同年日本電気(株)入社。以来，セルラシステムにおける位置登録/呼び出し方式，パケットデータ通信方式の研究開発に従事。現在，同社移動通信システム事業部主任。電子情報通信学会会員。



永田 善紀

1980 年東京大学工学部電子工学科卒業。同年日本電気(株)入社。以来，デジタル通信方式，電波伝搬等の移动通信システム無線伝送方式の研究開発に従事。1987 年プリンストン大学工学部修士課程修了。1992 年 IEEE VTS Avand Garde 賞，平成 6 年電子情報通信学会業績賞受賞。現在，同社移動通信システム事業部技術マネージャー。電子情報通信学会会員。