

DACS:Distance Aware Collaboration System の設計と実装

中田 愛理 大菅 直人 平山 拓 宮本 真理子 岡田 謙一*

コンピュータの低価格化, 小型化, 無線通信技術の発達により, モバイルコンピューティングやユビキタスコンピューティングに注目が集まっている. しかし, 現状では数人でグループを作り, その場でネットワークを構築するためには, ケーブルで端末同士をつないだり, グループ加入のためのコンピュータ操作を行わなければならないといった手間が生じる.

そこで, 本稿では人と人, 人とモノがある距離内に集まったとき, コミュニケーションの場を形成すると考え, その場に存在する人やモノから情報を取得し, 共有を支援するシステム Distance Aware Collaboration System: DACS を提案した. そして, DACS 上で動作するプロトタイプのアプリケーションを実装し, 評価を行った. ユーザは DACS を通じて, 持ちよった様々な情報や機器を協同作業の場で利用することが可能となる.

Design and implementation of Distance Aware Collaboration System

Airi Nakada, Naoto Ohsuga, Taku Hirayama, Mariko Miyamoto, and Ken-ichi Okada *

Along with the development of wireless communication technologies and the miniaturization/low cost of computers, the mobile and ubiquitous computing have now become the focus of public attention.

However, under the existing conditions, in order to form a group consisting of several users and to provide computer network on the spot between them, it is necessary to physically connect each user's one with a network cable, and to set up a configuration manually. Consequently, this procedure takes plenty of time.

Therefore, in this paper, we proposed DACS (Distance Aware Collaboration System) which makes it possible to automatically create a collaboration environment between users, or between a user and object, based on physical distance between them, and implemented a prototype of some applications. We also carried out some experiments to evaluate DACS. As a result, users can share information and objects, and get or use them seamlessly.

1 はじめに

近年, 無線 LAN 環境に代表されるような伝送媒体に無線を使用した通信網の発達や, PDA やノート型パソコンなどの携帯情報端末の普及により, モバイルコンピューティングやユビキタスコンピューティングの研究が進められてきた.

会議室や公共の場など人が集まる場には, コンピュータやコンピュータ以外の様々なモノが存在している. そこでこのような場において複数の端末やプリンタ, プロジェクタなどでネットワークを構成し, 情報の交換

や共有を行うような協同作業支援システムが必要とされるようになってきた. しかし, 情報共有をするためにネットワークへ接続する際に, ケーブルをつないだり, コマンドを入力するといった手間が生じる. さらにコンピュータや PDA などデジタルデバイス同士は容易に情報交換を行えるようになってきているが, 書籍や書類, 白板など非デジタルデバイスにおいてはシームレスな情報交換は行われていない. また, グループウェアにおいては遠隔会議支援など分散環境におけるコラボレーション支援についての研究は多くなされているが, 対面環境を支援する研究は比較的少ない.

* 慶應義塾大学大学院 理工学研究科
Graduate School of Science and Technology, Keio University

そこで我々は同期対面環境における協同作業の支援に焦点を当て, 研究を進めている. 本研究では人と人, 人

とモノがある距離内に集まったとき、コミュニケーションの場を形成すると考え、その場に存在する人やモノから情報を取得し、共有を支援するシステム Distance Aware Collaboration System: DACS を提案し、実装する。ユーザは DACS を通じて、持ちよった様々な情報や機器を協同作業の場で利用することが可能となる。

2 DACS の概念

社会心理学の研究から、人間は元来「自分を受容してくれる集団に所属したい」「自尊心を高めたい」「周りの人々に高い影響力をもちたい」などの基本的欲求をもつ存在であるということが示されている。我々は人と人との直接的接触なくしては真の充足感を得ることはできないのである [1]。よって人々の交流が可能な対面環境での小集団は重要な意味を持っていると考えられる [2]。

また、近接空間学における対人距離と空間行動の関係というアプローチから、人間はコミュニケーションを行う際に自然に相手と適切な距離を保っていることが分かっている。すなわち、公式な会議の場では人々はある程度距離を保って話し合うが、親しいもの同士で語り合う時はその対人距離は短くなる。このように、実世界上での距離というものはコミュニケーションにおいて重要な役割を担っているのである。DACS はユーザ同士が近接して存在するとき、その間に密接な関係があると理解し、また、近くに存在するモノはその場で必要とされているものであると理解する。その上で、DACS はユーザに対し、場に存在する人やモノ、機器の情報を有効に利用できるアプリケーションを提供するシステムである。

3 DACS の設計

3.1 想定環境

本システムはオフィスや教室、会議室など、一部屋の中で、3～5人程度の人間が協同作業を行う空間を想定している。各ユーザはノート PC など携帯情報端末をもちより同期対面環境で協同作業を行う。また、周囲には本やプロジェクト、プリンタなどといった様々なモノが存在すると仮定する。

3.2 距離の認識方法

DACS では協同作業の場に存在するモノを利用してユーザを支援するため、ある距離内に存在するモノを自動的に認識する必要がある。さらにモノの状態をリアルタイムに保持し、管理できることが望ましい。これにより、ユーザが持参したノート PC などは登録などの操作を行うことなくシステム側に認識され、ユーザは日頃使用している機器を用いて作業することが可能となる。

このような状況を想定し、我々は本研究における距離の認識方法として RFID (Radio Frequency Identification) システムを採用した [3]。RFID システムはリーダとタグから構成される。タグは一定時間ごとに電波を用いて ID を発信する。リーダはアンテナでタグから発信される信号を受信し、一定距離内に存在するタグを認識する。

この RFID タグを様々なモノに貼り付けておくことにより、DACS が自立的に場の情報を得ることが可能となる。

3.3 場に存在する物体情報の管理

DACS は RFID リーダから、一定距離内に存在するタグの ID を受け取る。そして、このタグ ID を基に、場に存在しているモノが何であるかを認識する必要がある。

そこで、DACS にはタグ ID、物体の属性、付加情報をタプルとして持つ、タグデータベース (以後、タグ DB) を管理させる。タグ ID はタグが持つ固有の ID である。物体の属性とは、その物体が何であるかを示すもので、ノート PC、本などの項目がこれにあたる。付加情報とは、その物体に関係した情報であり、本のタイトル、URL などが保持される。

3.4 クライアントグループの構築

DACS におけるシステム方式として、クライアントサーバ方式を採用した。これは、RFID システムが検知した情報をサーバで集中して管理するためである。また、DACS におけるクライアントはノート PC 上で動作することを想定する。つまり、ユーザはノート PC から DACS を利用することになる。

DACS では場に存在するノート PC 間で「クライアントグループ」を構築する。場に持ち込まれたノート PC は自動的にクライアントグループに加入する。逆

に場から退出した場合はクライアントグループから外れることになる。

クライアントグループに加入しているノート PC 間では、TCP/IP によるユニキャスト通信を利用したネットワークを構築する。これにより、クライアントグループ内での制御信号、データの送受信が可能となる。

3.5 様々なアプリケーション

以上の設計より、DACS は場の情報をリアルタイムに取得することが可能になり、かつ、クライアントとなるノート PC 間で信号・データの送受信が行えるようになった。

DACS では場に存在する人やモノの情報、通信路を上位のアプリケーションに提供する。各アプリケーションは、場に存在するモノのリストから必要なものだけを抜き出し利用することができる。

4 実装

4.1 実装環境

DACS の実装にあたり Java 言語を使用した。これにより、プラットフォームに依存せずに動作するアプリケーションが作成できる。

使用する RFID システムとして、米国 RF Code 社の「Spider システム」を採用した。今回の実装では、タグの発信周期を 1.5 秒、リーダのタグ検出の設定範囲を半径約 1m とした。

通信媒体としては、無線 LAN を使用した。これは部屋において対面協同作業を行うという利用形態をふまえ、ノート PC の移動を妨げる事が無いよう考慮した結果である。

4.2 DACS の実装

4.2.1 システム構成

図 1 に DACS のシステム構成を示す。

位置情報インフラ RFID リーダにより、場に存在するタグを認識する。リーダから受け取ったタグ ID を基にタグ DB を検索し、タグが何に取り付けられたものであるかを認識する。

グループ管理ミドルウェア 位置情報インフラ部から場に入ってきたモノの情報がグループ管理部に通知

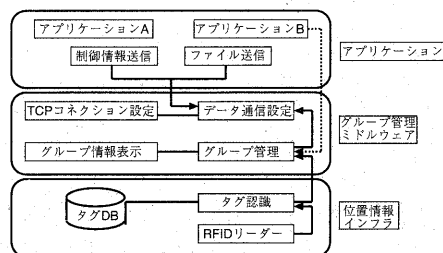


図 1: DACS 構成図

される。ここでは、現在この場に「誰が」「何が」所属しているのかを管理し、様々なアプリケーションにおいて用いることを可能にする。クライアントグループ間の通信路もここで管理する。

アプリケーション ミドルウェア部で管理される、通信路、情報を利用しアプリケーションを構成する。

4.2.2 実装画面

図 2 に DACS クライアントの実装画面を示す。DACS クライアントは二つのフレームを表示させる。一つは場に存在するモノのリストを表示するフレームである。もう一つはアプリケーション操作のアプリケーションフレームである。

ユーザは、アプリケーションフレームのタグ付きパネルを切り替えることにより、すべてのアプリケーションを一つのフレームから使用することができる。

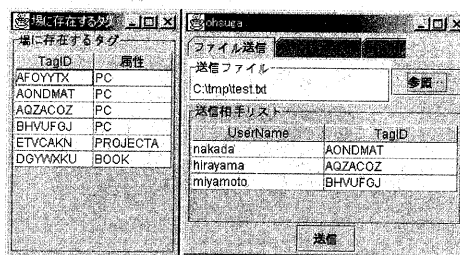


図 2: DACS の実装画面

4.3 アプリケーション

DACS におけるアプリケーションとして、PC 間でファイルの交換を行うアプリケーション、本と電子ライブラリ間でのリンクシステム、プロジェクトシステム、スケジュール調整システムを実装した。

4.3.1 ファイルの送受信

場に複数のノート PC を持ち込んだ場合に、ファイルの送受信を行うアプリケーションを起動させる。クライアントグループに加入したノート PC 間では自動的にネットワークが張られるため、ユーザは送信先のアドレスの指定など、わずらわしい作業を行うことなく、ただ端末を場に持ち込むだけで場に存在する端末へデータを転送できる。これにより、ユーザ間でのデータの受け渡しが容易になる。

4.3.2 本と電子ライブラリ間でのリンクシステム

場に存在する本を DACS が認識し、ユーザに対しリスト形式で表示する。ユーザはリストを見ることで場に存在する本を一目で確認できる。さらに、電子ライブラリの URL が本の情報として付加されている場合、ユーザはそのリストを開くことにより、ブラウズすることが可能となる。

4.3.3 プロジェクタシステム

プロジェクタを場に持ち込むことにより、ユーザに対しプロジェクタ画面を共有画面として利用できるようにするシステムである。

図 3 にプロジェクタシステムのクライアント画面と、プロジェクタの表示画面を示す。

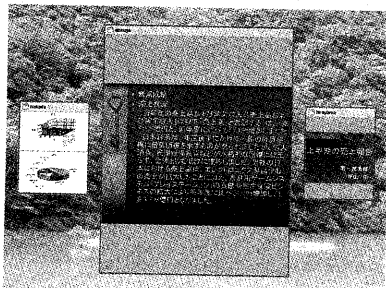


図 3: プロジェクタシステム

プロジェクタの共有画面にはユーザごとの固有の画面が生成され、一度に 3 つまで表示される。4 人目以降のユーザ画面は隠れている。各ユーザはプロジェクタ画面内に生成されたユーザ画面を自由に回転させることができ、中央に自分の画面を移動させたときには全画面表示に切り替えることも可能である。全画面表

示している間は他のユーザからの操作は受け付けないため、プレゼンテーションを行う場合などに適している。

4.3.4 スケジュール調整システム

場に集まったメンバのスケジュール管理を行っているモノを認識すると、自動的にそのメンバのスケジュールを取得し、全メンバのスケジュールとして統合し、表示するシステムである。この際、プライバシー保護のため、名前や予定は表示せずに、その日に全員の予定が一致して空いているかないか、またはどれくらいの時間空いているのかを表示することにより、スケジュール調整の支援を行う。

プロトタイプシステムでは各ユーザは各自の PDA を通してインターネット上の各自の個人スケジュール帳にスケジュールの入力を行う。図 4 に個人スケジュール帳の実装画面を示す。月ごとにカレンダーが表示され、スケジュール該当日を選択することによりにスケジュールの追加、削除画面が表示され、入力が可能である。

marikoのスケジュール

2001年12月

11月 12月 1月

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
						1
2	3	4	5	6	7	8
9	10	11	12	13	14	15
16	17	18	19	20	21	22
23	24	25	26	27	28	29
30	31					

図 4: 個人スケジュール帳実装画面

会議の際に PDA が場に持ち込まれると DACS により認識され、この PDA の持ち主のスケジュール帳を取得し、グループメンバ全体のスケジュール帳に加える。図 5 に全体スケジュール帳の実装画面を示す。月ごとにカレンダーが表示され、各日の欄にメンバのスケジュールの有無が表示される。また、会議の開催時間に関する条件を入力することもできる。

5 DACS 評価実験

評価実験は、2 つの観点から行った。一つは距離によるグループ構築に関する点から、もう一つはアプリケーションを利用したシステムの有効性の点からであ

メンバ全員のスケジュール

2001年11月 12月
10月 11月

会議開催条件
8時から18時までの間の3時間

SUN	MON	TUE	WED	THU	FRI	SAT
				1	2	3
4	5	6	7	8	9	10
○	x	1	0.5	1	2.5	○
11	12	13	14	15	16	17
○	x	x	x	x	x	○
18	19	20	21	22	23	24
○	○	x	x	x	0.5	○
25	26	27	28	29	30	31
○	x	2.5	0.5	x	1.5	

会議開催条件の条件変更
[1時]から[18時]までの間
所要時間[3]時間
単位

図 5: メンバ全体スケジュール帳実装画面

る。アプリケーションとしてはプロジェクトシステムとスケジュール調整システムを用いた。

5.1 距離によるグループ構築に関する評価実験

被験者 4 人が部屋に入り、グループを構築するまでに要した時間を以下の 3 通りの方式で計測した。本評価ではグループを構築できたという状態を「メンバ全員とその場でネットワークで接続され、ファイルの交換・共有などができる状態」と定義する。

1. 有線方式

集まった被験者がその場にあるハブに LAN ケーブルを各自で接続し、全員が互いに通信できる状態にし、共有フォルダなどを用いてファイル交換を行う。

2. コマンド入力方式

コマンド入力からログインを行うアプリケーションを用いてグループを構築し、DACS のアプリケーションを用いてファイル交換を行う。

3. DACS を使用した場合

アプリケーション画面により全員と接続されていることを各自で確認し、DACS のアプリケーションを用いてファイル交換を行う。

グループ構築の際に基準となる距離は、社会距離近接相である 120~210cm 程度とするため、RFID タグのアンテナ感度は、レベル 4 とした。ファイル交換で用いたファイルは 100kByte の同じファイルを用いた。

各場合において 10 回の試行を行った結果、グループ構築までにかかった時間の平均値は、有線方式では 60.55 秒、コマンド入力方式では 23.37 秒、DACS を用いた場合では 15.87 秒であった。有線方式では他方式に比べ約 1 分と大きく時間がかかっているが、これは全員が接続できているかの確認作業と共有フォルダを用いた場合のファイル交換に手間どったためである。アプリケーションによるファイル交換方式を利用したコマンド入力方式では有線方式より時間が短縮されているが、コマンド入力の際に、ログイン名やパスワードを間違えて入力してしまうことがあり、ユーザにとっては手間のかかる作業であると言えるであろう。一方 DACS を用いた場合では、グループを構築する際に必要となる手続きは、「入室」、「ファイル交換」の 2 ステップだけであるため有線方式と比較すると 4 倍、コマンド入力方式と比較して約 10 秒程度時間が短縮されていることがわかる。これは 1 つの場所に集まったメンバがグループを組み、通信可能な状態にするためには本提案システムを用いた方が即座に作業を開始すること可能であることを示している。

5.2 プロジェクトシステムに関する評価実験

被験者 3 人と研究班員 1 人の 4 人を 1 グループとし、このグループ内で以下の 2 通りの方法でプレゼンテーションを実際に行ってもらい、各メンバが交代する際に要した時間を測定した。会議の形式としては各メンバがそれぞれ準備した資料を交替で発表しあうプレゼンテーション型会議を想定する。

1. 従来方式

各メンバは自分の発表の番が来たら、プロジェクトにノート PC を接続し、Microsoft 社の PowerPoint を使用してプレゼンテーションを行う。

2. プロジェクトシステムを利用する場合

各メンバは本システムを使用して、従来の方式と同じ流れでプレゼンテーションを行う。

また、両方の方式による実験を終えた後、被験者にはアンケートを行ってもらった。

被験者 12 人、4 グループに対し、本実験を集計した結果、各被験者が自分の発表を行うための準備にかかった時間の平均値は、従来の方式において 57 秒、本システム方式において 14 秒であった。

このことから、本システムにより交替の際のケーブル接続にかかる手間を軽減できたと言える。また、従

来方式の実験中には、ケーブル接続の際にノート PC がフリーズする、解像度の違いにより画面表示がおかしくなる、などのトラブルが発生したが、本システムの場合はこのようなことが発生しなかった。アンケートによるユーザの意見を見ると、「他の人が交代している時間を、わずらわしく感じたか?」、「発表者交代の際に話し合いが途切れたように感じたか?」という質問に対し、従来の方式に比べ本システムの方が良い評価が得られた。交代の際に時間がかからないことやトラブルが起らないことがユーザの意見に大きく影響したと考えられる。また、本システムの場合、プロジェクトの側へ移動する必要がなく、席についたままで発表を開始する事が可能であり、ノート PC を移動させる必要はまったくなかった。このようなことから「少数での話し合いに適している」という意見もあった。

5.3 スケジュール調整システムに関する評価実験

この評価は、5人を1グループとして、「5人で集まることができる会議日程を一月以内に決定せよ」というタスクを与えた。このタスクについて、今回実装したスケジュール調整システムを用いた場合と、手帳を用いた場合の2通りの方法で、話し合いをしてもらい決定までにかかる時間と決定日の正確性を比較した。但し、会議の所要時間は平日の9:00から18:00の間で3時間とし、会議開始後30分間の遅刻者は認めず、遅刻者は過半数を超えてはいけないものとする、という条件を与えた。

その結果、決定にかかった時間は、実装システムでは3分、手帳を用いた場合では、7分、決定日の正確性については、実装システムでは86%、手帳を用いた場合では71%であった。

このことから、本システムを用いた場合、適切な日程を2倍程度の速さで導くことができることが分かる。これは、手帳を用いてスケジュールを決定する場合、口頭で各自が予定を言い合ってスケジュールを確認していったのに対し、本システムでは全員の予定を全メンバーの予定を収集し、会議の開催時間に合わせて空いている時間を表示する機能があったため、候補日を絞りやすかったからだと考えられる。また、決定日の正確性の結果から、本システムの方が確率が高く、適切な日程を決定することができたとと言える。参加人数が多い場合は、手帳の場合は最適な日を見つけるのはさらに難しくなるが、本システムでは人数に関係なく、対

応できると考えられる。

実験終了後、アンケートを行ったが、「メモ用紙が不要」「どのように日程調整するかがすぐ決まる」「自分の予定が知られず、プライバシーが守られる」などの本システムの有用性を示す意見が得られた。

以上の結果から、本システムはPDAなどの個人スケジュール管理システムから集まったメンバーの予定を収集し、動的に全メンバーのスケジュールをまとめて表示するカレンダーを提供することにより、会議などにおいて次回会議開催日を決定するときなどに、短時間で適切な日程を決める支援が可能であるといえる。

6 まとめ

モバイルコンピューティングやユビキタスコンピューティングの研究が行われているが、グループ作業を行う場ではまだユーザの負担になる様々な設定などの手続きが必要である。

そこで本研究では、場に存在する人と人、人やモノとの距離を自動的に認識し、協同作業を行う上で重要であると考えられる機器や情報を、ユーザが有効に活用できるように支援するシステム、DACSを提案し、RFIDシステムを用いて実現した。そしてプロトタイプアプリケーションとして、ファイルの送受信、本と電子ライブラリ間でのリンクシステム、プロジェクトシステムとスケジュール調整システムを構築し、それらのシステムの評価実験を行った。その結果、本システムは近付くことだけでグループを構築でき、身の回りにある様々なモノから情報を取得し、その情報をグループ作業の場で有効に用いることが可能であることを確認した。このことから、DACSは対面環境における新しい協同作業空間を提供することができるといえる。

参考文献

- [1] 狩野素朗. 対人行動と集団ナカニシヤ出版1995.
- [2] 松下温, 岡田謙一. コラボレーションとコミュニケーション. 共立出版, 1995.
- [3] Roy Want, Kenneth P. Fishkin, Anuj Gujar, Beverly L. Harrison: "Bridging Physical and Virtual Worlds with Electronic Tags", Proc. ACM CHI'99, pp.370-377, 1999.