

人間関係グラフに基づく情報フィルタリングを用いた協調的タスクスケジューラ

Collaborative Task Scheduler using Information Filtering Method with Social Network

大向 一輝
Ikki Ohmukai

総合研究大学院大学
The Graduate University for Advanced Studies
i2k@grad.nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/~i2k/>

武田 英明
Hideaki Takeda

国立情報学研究所
National Institute of Informatics
takeda@nii.ac.jp, <http://www-kasm.nii.ac.jp/>

keywords: collaborative scheduling, social network

Summary

This paper proposes a collaborative approach for personal task management which is modeled as an alliance model. Alliance model is based on information sharing and collaboration of several persons. They disclose their task condition and maintain to be updatable by their friends. To avoid privacy issues we propose emergent group discovery algorithm to control the level of disclosure. We implement client/server system called Social Scheduler on cell-phones environment. We remark the advantages of our approach with an experiment.

1. はじめに

情報化社会の進展やライフスタイルの多様化は、個人と組織の関係を大きく変えつつある。現在では企業あるいは学校といった既存の組織に加えて NPO・NGO などの民間組織が多数存在し、複数の組織に同時に所属する人々はもはや珍しくない。また、これらの公的な活動組織の他に私的な活動を行うグループが無数に存在する。人々はこういった多くの組織・グループを使い分けることで各々の生活を全うしている。

このような生活の質を高めるためには、個人の持つ時間や金銭、あるいは知識といった資源(リソース)を適切に管理することが重要である。これまでに多くのリソース管理手法が提案されており、ツールやシステムとして具現化されている。これらは、組織を中心としたトップダウンモデルと、個人を中心としたボトムアップモデルに大別される。

トップダウンモデルの代表例としてグループウェアが挙げられる。グループウェアは組織の生産性を最大限に高めるために、組織内のリソースの予約や情報の共有を可能にする。また、多くの組織には階層が存在し、この階層に従って上位の人間が下位の人間のリソースを管理することが望ましいとされている。グループウェアでは

権限のコントロールによってこういった管理を可能にしている。

しかしながら、多くのグループウェアは組織の構成員が持つリソースを、全て組織のために利用できるという前提のもとで設計・運用されているために、先に述べた新しいライフスタイルには適合しない。複数のグループウェアの連携についても、データ構造の違いといった基本的な問題や、異なる組織間でのリソース予約の競合といった高次の問題が発生するために現実的ではない [Wellman 01]。

一方、ボトムアップモデルの例としては手帳や PIM・PDA を挙げる事ができる。これらの手法では個人がすべてのリソースを管理するために、複数の組織間のリソース配分は容易である。しかし、個人のための管理手法には恣意的なものが多いために効率的なリソース管理を行うことは難しい。筆者らはこの問題に対処すべく、意思決定論に基づくスケジューラを提案し有効性を検証したが [Simon 77][Ohmukai 03]、ボトムアップモデルに共通する情報の入力コストの大きさを改善する方法については研究がなされていない。

そこで、本研究では、トップダウンモデルとボトムアップモデルの両者の問題点を解消し、主体的かつ効率的なリソース管理を可能にする協調モデルを提案する。また、

このモデルを携帯電話用スケジューリングシステムとして実装し、実証実験によって有効性を検証する。

本論文の構成は以下の通りである。2章では協調モデルの基本概念である Information and Communication Activities について議論する。3章では対象問題を概説し、ICA の概念を取り入れたリソース管理のための協調モデルを提案する。4章では人間関係ネットワークおよびタスクの依頼関係ネットワークに基づく情報フィルタリング手法を提案する。5章では携帯電話アプリケーションとしての実装について述べ、6章で提案システムの実証実験とその考察を行い、まとめとする。

2. Information and Communication Activities

2.1 ICT から ICA へ

コンピュータやネットワーク技術は、いまやわれわれの生活に欠かせないものになっている。これらの技術は、文書作成やコミュニケーションといった基本的な活動の質を高めるとともに、WWW のように全く新しい活動を生み出した。一方で、技術の絶え間ない進歩はドッグイヤーとも呼ばれ、そのスピードやそれに伴う生活様式およびビジネス様式の変化は多くの人々に大きな影響を与えている。これらの原因はテクノロジーそのものにあるのではなく、技術の進歩を追求するあまりに当初の目的を見失ってしまうような我々のビジョンに問題があると思われる。

Shneiderman は著書 [Shneiderman 02] の中でわれわれの思考を "Old computing" から "New computing" へ移行させるべきであると述べている。"Old computing" とは「コンピュータに何ができるか」ということを中心に考えるものであり、"New computing" はそれによって「ユーザにとって何が可能になるか」が関心になるような思考である。Shneiderman は続けて「今後求められるテクノロジーはユーザ側のニーズに調和するものであり、それらは experience を豊かにするためにユーザの持つ『関係』や『活動 (Activities)』を支援するものでなければならぬ」と述べている。

これを踏まえて、われわれは研究の対象を情報・コミュニケーション技術 (Information Technologies: IT もしくは Information and Communication Technologies: ICT) から情報・コミュニケーション活動 (Information and Communication Activities) へ移行すべきであると考える。ここでは、情報やコミュニケーションに関する人間の活動への理解や、その活動がどのように支援されるべきかを調査する必要がある。

2.2 情報・コミュニケーション活動

情報に関する活動 (例えば収集など) やコミュニケーションに関する活動 (他人とのコンタクトなど) は現代にお

ける人間の活動の中で非常に重要なものとなっている。これらの活動は多岐に渡るが、Shneiderman は Activities and Relationships Table: ART と呼ばれる単純で理解の容易なモデルを導入することで分類を行っている。

ART の一方の軸は "Activity category" すなわち行動の種類であり、"Collect", "Relate", "Collaborate", "Donate" の 4 種類に分類されている。もう一方の軸は "Category of relationship" (関係の種類) であり、関与する人々の規模によって "Self", "Family and friends" から "Citizens and market" に至るまでの 4 種類に分類されている。本研究では後者の軸には同意するが、前者の "Activity category" については情報を扱うプロセスと人々の間のコミュニケーションプロセスが混同されているため、より詳細な検討が必要であると考えられる。

本研究では、情報と人間関係の問題を明確にするために 2 層の拡張モデルを提案する。概念図を図 1 に示す。

第 1 の層は情報の扱いに関する 3 種の要素があり、それぞれ "Collect", "Create", "Donate" とする。これはユーザを中心とした視点から見た情報のライフサイクルである。情報はユーザによって収集され、それらの情報に基づいて新しい情報が創造される。そして新しい情報は社会に提供され、将来の創造のために利用される [Lessig 01]。新たな情報が無から作り出されることは稀であり、多くの場合は既存の情報が下敷きとなる*1。

第 2 の層はコミュニケーションの扱いに関する "Relate", "Collaborate", "Present" の 3 種の要素である。これも第 1 層と同様にユーザ中心のコミュニケーションプロセスであるといえる。ある人物が他の人々との関係を得て、新しい情報を生み出すために協調する。そして彼ら自身が新たな情報源として社会に対しその存在を表明する。

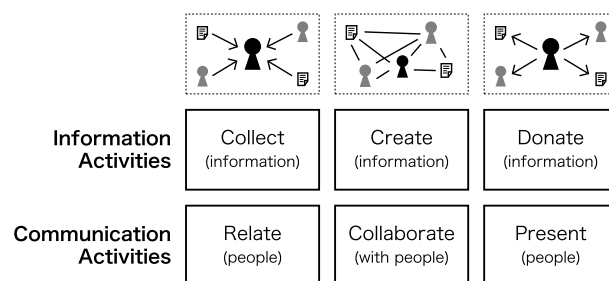


図 1 Information and Communication Activities

このように、情報のレイヤーと人間関係のレイヤーは切り分けて考えることができる。われわれが ICT (前節で述べた情報・コミュニケーション技術) の文脈で「情報」という言葉を使用する場合には、それはコンピュー

*1 知識の創造が既存のものの組み合わせのみによってなされるということを主張しているのではない。ここでは既存の知識への深い理解と分析が創造のための 1 つのアプローチであると考えている。

タに格納されたデータを意味する。一方、ICTの文脈で「人間は情報のソースである」と呼ぶ場合の「情報」は、先ほどの定義よりも広くかつ動的に変化する。われわれがコミュニケーションを考える上では、情報のソースとしての人間の機能を念頭に置く必要がある。

情報・コミュニケーション活動に関するこれら2つの視点は、上記の6種のカテゴリによって表現される。理想的には全てのカテゴリがコンピュータによって支援されるべきであるが、“Collect”のように既に研究の蓄積があるカテゴリの一方で、ほとんど研究されていないカテゴリも多い。とくに、コミュニケーション層に属する3種のカテゴリについてはさらなる取り組みが必要である。

本研究では人間の情報活動およびコミュニケーション活動の調査や分析を行い、その結果を踏まえた上で全てのカテゴリへの支援を行うことを目指している。このプロジェクトおよび対象を“Information and Communication Activities Navigation: ICAN”と呼ぶ。ICANではユーザが情報空間や人間関係ネットワークにアクセスする際の補助や、人々が新しい情報を生み出すための支援を行う。

3. 協調的スケジューリング

タスクスケジューリング問題は、個人が抱えるタスクに対して時間リソースを適切に分配する問題である [Noronha 91]。基本的な制約条件としては2つ以上のタスクに同じ時間リソースを適用できない、すなわちダブルブッキングの禁止がある。また、工場での工程管理や航空・鉄道などのダイヤ編成といった従来の工学的なスケジューリング問題とは異なり、本研究で対象とする問題では参加者である個々の人間どうし、組織どうしはそれぞれ独立であり、異なった目的や制約を持つものであると考えられる。そのため、これまでに研究されてきた単一目的の最適化問題や制約解消問題として扱うことは難しい。同様に、参加者どうしの情報共有の効率化による問題解決手法がナレッジマネジメントやネットワークコミュニティの分野で提案されている [Klusch 01][亀井 01] が、これらは単一の組織内でのマネジメントや単一のコミュニティの形成をいかに支援するかに主眼が置かれているために、複数の人間が複数の組織を使いこなすといった状況には適用できない。

多くのタスクは個人が持つ人間関係の中からの依頼や共同作業という形で発生する。これらのタスクは一度受理すると期日等を変更するためには相手との交渉が必要になる。とくに、こういったタスクが異なる組織によって同じ時間に複数予約された場合には、1つのタスクについて相手との交渉を行った後に、その結果をもとに別の相手との交渉をしなければならないなど、問題が複雑化し、競合解消のコストが著しく増大する可能性もある。

このような事態を回避するためには、タスクを依頼する時点で今後の交渉の余地の少ない意思決定をすること

が望ましい。

そのためには、参加者が自身の情報を公開することが重要となる。タスクの依頼者が相手のタスク状況を事前に確認し、ダブルブッキングを起こさないように配慮したリソースの予約が可能であれば妥結点への到達が早まる。すでにグループウェアをはじめとするトップダウンモデルでは、組織の構成員に関する全てのタスク情報を共有することで効率的なスケジューリングを実現している。

しかしながら、この手法によって複数の組織間にまたがるスケジューリングを行う際には、プライバシーの侵害の恐れがあるために参加者に対して全ての情報の公開・共有を要請することは現実的ではない。タスクの依頼に際して必要な情報のみを適切に公開することが求められる。

このように、情報の公開に際しては、誰に、どのような情報を公開すべきかというアクセスコントロールが必要である。コントロールの手段としてはプロファイルをユーザ自身に記述させるものが多いが、この方法では入力のコストが極めて大きくなる。そこで、本研究では日常的なリソース管理の行動をシステムが分析し、その結果をもとに情報のアクセスコントロールおよびフィルタリングを実現する手法を提案する。これにより、プライバシーの保護と情報入力コストの問題を同時に解決することが可能になると思われる。また、ボトムアップのアプローチをとることによって、固定的ではないアドホックなグループに対する支援が可能になる。

提案手法を前述の ICAN の概念と対応させて述べる。まず、タスクの予約に際して行われるメッセージのやり取りをユーザ間の人間関係の発露と捉え、これをデータとして記録する。これは ICAN テーブルにおける“Relate”にあたる。このデータが増加すると、結果としてタスクの予約・依頼に基づく人間関係ネットワークが構築されることになる。システムはこのネットワークを用いてグループを同定し、これを情報共有の単位として扱う。あるユーザが新しいタスクを予約する場合には、関係のあるユーザのリソース情報を取得 (“Collect”) し、その情報を用いて意思決定を行う (“Create”)。その際には、同定されたグループ内で完結する情報だけが公開され、取得できる。これは間接的な協調すなわち“Collaborate”の結果である。このようにして更新されたりソース情報は再び公開 (“Donate”もしくは“Present”) され、次の意思決定に活かされることになる。

4. タスクの依頼関係に基づくアクセスコントロール

4.1 ユーザモデル

本研究で提案するシステムでは、複数人の中でのタスクの依頼関係を分析し、情報のアクセスコントロールの基本となるグループの同定を行う。以下にユーザモデルを述べる。また、アクセスコントロールの概念図を図2

に示す。

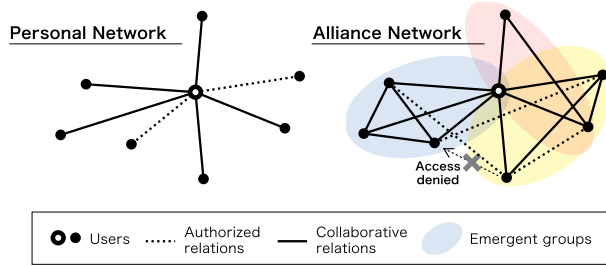


図 2 Collaborative Model

- (1) ユーザ (A) は他のユーザ (B) に対してタスク情報の閲覧を行ってよいかどうかを問うメッセージを送信する。
- (2) ユーザ B が問い合わせを許可するメッセージを返信すると、ユーザ A とユーザ B の間に相互承認が成立したとみなされる。システムはこれを受けてユーザ A と B のそれぞれについて互いのユーザが含まれる相互承認ネットワークを構築する (図 2 左)。
- (3) ユーザ A とユーザ B はシステムを介して互いのスケジュール情報を閲覧できる。図 3 に示すように、1 画面に複数のユーザの状況が重ね合わされて表示される。最初の段階では相手ユーザについては空き時間情報だけが表示される。
- (4) ユーザ A がユーザ B にタスクを依頼する場合には、システムが互いの空き時間を検索し、両者が重なる時間帯を推薦する。ユーザ A は図 4 右に示すタスク詳細設定インターフェイスを用いてデータを入力する。登録作業が完了すると、システムはユーザ A だけではなくユーザ B のデータにタスク情報を直接登録する。なお、推薦された空き時間以外にタスクが登録された場合には警告が発せられる。
- (5) ユーザ B にはユーザ A からのタスク登録が通知され、受理するかどうかを決定する。受理された場合にはユーザ A にその旨が通知される。また、その際にユーザ A とユーザ B の間に依頼関係が成立したと見なされ、依頼関係ネットワークのデータに追加される。
- (6) システムは相互承認ネットワークおよび依頼関係ネットワークに対して後述のグループ発見アルゴリズムを適用し、得られたグループのリストを格納する。相互に依頼関係が成立したグループの構成員を仮にユーザ A, B, C とし、別のグループの構成員をユーザ A, C, D とする。
- (7) ユーザ A とユーザ B の間で発行されたタスクの情報は、同じグループの構成員であるユーザ C からは閲覧することができる。他のグループに属するユーザ D はこのタスク情報を閲覧することはできず、通常空き時間表示のみとなる。
- (8) 以上のプロセスによって登録されたタスクの一覧は図 4 左に示すカレンダー表示で閲覧することができる。

この手法により、ユーザはグループの構成員をあらかじめ設定するなどのプロファイリングの必要がなく、他人へのタスクの依頼を行う操作のみで複数のグループ間にまたがる情報のアクセスコントロールが可能になる。

なお、ユーザは個々のタスクに対し、この手法を利用したアクセスコントロールを適用する、全てのユーザに公開する、全てのユーザに公開しない、という 3 段階の情報公開レベルを設定することができる。

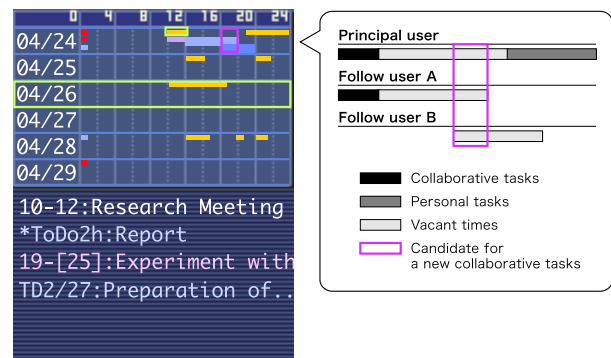


図 3 Collaborative Task View

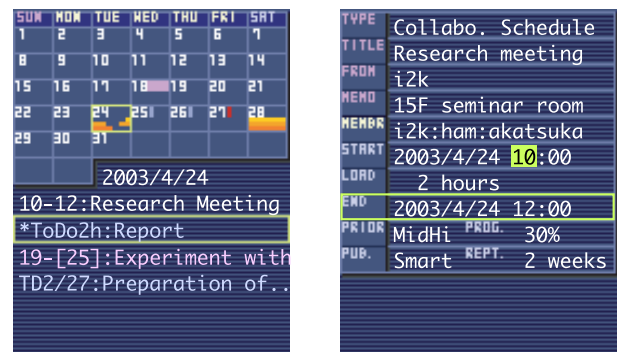


図 4 Calendar View (left) and Task Data View (right)

4.2 グループ発見アルゴリズム

これまで述べてきたように、本研究で想定しているのは個人が複数のグループに所属しているような状況である。しかも、それらのグループの中には構造が明示的に決定されていないものもある。この場合、あるユーザが関わっているグループは、タスクの依頼関係からボトムアップに発見しなければならない。ここでは依頼関係のネットワークをグラフとして捉え、このグラフの中から完全グラフとなるような部分グラフをグループとして抽出する。以下にグループ発見アルゴリズムの手順を述べる。

- (1) あるユーザ (A) を中心に依頼関係が成立しているユーザをリストに格納する。
- (2) ユーザ (A) とリストの 1 番目を最小のグループと見なし、残りのリストの 1 番目が最小のグループと依頼関係を結んでいるかを判定する。成立していればグループに

加え、残りのリストの2番目以降を新しいリストとして再帰的に同様のアルゴリズムを適用する。成立しなければ単純に残りのリストの2番目以降を新しいリストとして再帰的に同様のアルゴリズムを適用する。リストの内容が空であり、かつグループのサイズが最小グループよりも大きければ、グループのユーザリストを出力する。(3)次に、グループの最後のユーザを除き、そのユーザよりも順番が後のものだけをリスト化して同じアルゴリズムを適用する。

5. 携帯電話への実装

本研究では個人の日常のスケジューリングを支援するために、提案手法を携帯電話用のソフトウェアとして実装した。現状の携帯電話環境では端末同士の直接通信は不可能であるため、インターネット上のサーバに各ユーザのタスク情報を格納している。同様の情報は各端末内にも保存されており、データの同期はユーザが指定した時点で行われる。相互承認ネットワークやタスクの依頼関係ネットワークはサーバ上でのみ保存される。

各クライアントはインターネット接続が可能な携帯電話である。これらの端末はJavaアプリケーションのダウンロードおよび実行が可能である。本プロジェクトでは株式会社NTTドコモが提供する端末(ソニー株式会社製SO504i, 日本電気株式会社製N504iS, および松下電器産業製P504iS)を利用した。ソフトウェア開発環境としてはサン・マイクロシステムズ株式会社が提供するJava 2 Platform Micro Edition Connected Limited Device Configuration (J2ME CLDC) [Sun 03] およびJ2ME Wireless SDK for DoJa[NTT 02]を利用した。

サーバは常時インターネットに接続されている。ハードウェアには一般的なPCサーバを用いた。オペレーティングシステムにはDebian/GNU Linux 3.0を使用し、Javaによるアプリケーションサーバ実行環境としてサン・マイクロシステムズ株式会社が提供するJava 2 Platform Enterprise Edition (J2EE) 1.2, Java 2 Standard Edition Runtime Environment (J2SE JRE) 1.4, およびApache Project が提供するTomcat 4.0を利用した。

6. 実証実験

提案システムの実証実験を行った。期間は2003年1月26日から2月17日までの約3週間である。被験者は9名(総クライアント数は16)である。実験内容は、期間中にクライアントソフトウェアを実際に利用し、被験者自身のタスクを入力してもらうというものである。なお、被験者のグループ構成は、A研究所に属するのが3名、B研究室に属するのが2名、C研究室に属するのが5名、C研究室のOB(Dグループとする)が3名、それら以外に個人的な友人関係が含まれる。

実験期間中に登録された個人タスクの平均は73.3件であった。また協調タスク・依頼タスクは計62件であった。この協調タスク・依頼タスクは平均3.0名に関係しており、個人タスクの28.3%を占める。また、協調タスク入力支援機能により、1名あたり13.9件のタスク入力の手間を軽減している。

6.1 グループ発見アルゴリズムの評価

実証実験で得られたタスクの依頼関係ネットワークを図5に示す。このようにタスクの依頼関係は極めて複雑なものになる。このネットワークに対し前述のグループ発見アルゴリズムを適用すると図5(a)の楕円に示すような複数のグループが得られる。また、特定のユーザを含むグループの一覧を図5(b)に示す。このように、提案手法によってあるユーザが複数のグループに所属していることがわかる。ここで、提案手法の有効性を検証するため、被験者のそれぞれについて本人を含むグループのリストを提示し、それらのグループが適切であるかどうかを評価してもらった。この実験では、個々のグループに名前をつけてもらい、正しくつけられたものを適切であるとし、リストに含まれる名前が多すぎる、もしくは少なすぎると指摘されたものについては発見されたグループが適切でないとした。

被験者に提示したグループはのべ24個(計9グループ)である。うち有効回答は21個(8名分)である。結果は20個(95.2%)のグループについて適切であるとの回答を得た。適切でないとされたグループについては構成員の数が1名足りないと指摘された。また、被験者の1人は、提示された5名を含むグループのうちの3名で構成されるもうひとつのグループが存在すると回答した。このような包含関係にあるグループの発見は現状のアルゴリズムでは解決できない。タスク依頼の頻度によるクラスタリングといった新しい手法が必要になると考えられる。

提案システムによって発見された9グループの中には、被験者のメンバー選定の段階では考慮していなかったグループ(3名)が含まれる。このグループに所属する全員が適切であると回答していることから、本システムのグループ発見アルゴリズムは有効に機能しているといえる。

6.2 情報フィルタリングの評価

次に、情報フィルタリングの効果を検討するため、全ての被験者に対してそれぞれが入力したタスクの一覧およびそれらのタスクがどのユーザに閲覧可能な状態であったかをリスト化したものを提示した。その際には結果に対して同意または非同意のチェックを入れてもらい、備考として「1. 誰にも見せたくない」「2. 一部のユーザだけに見せたかった」「3. 全員が見てもよかった」「4. もっと見せたいユーザがいた」「5. 全員に見せたかった」という5種類の選択肢を用意した。各タスクに対するチェッ

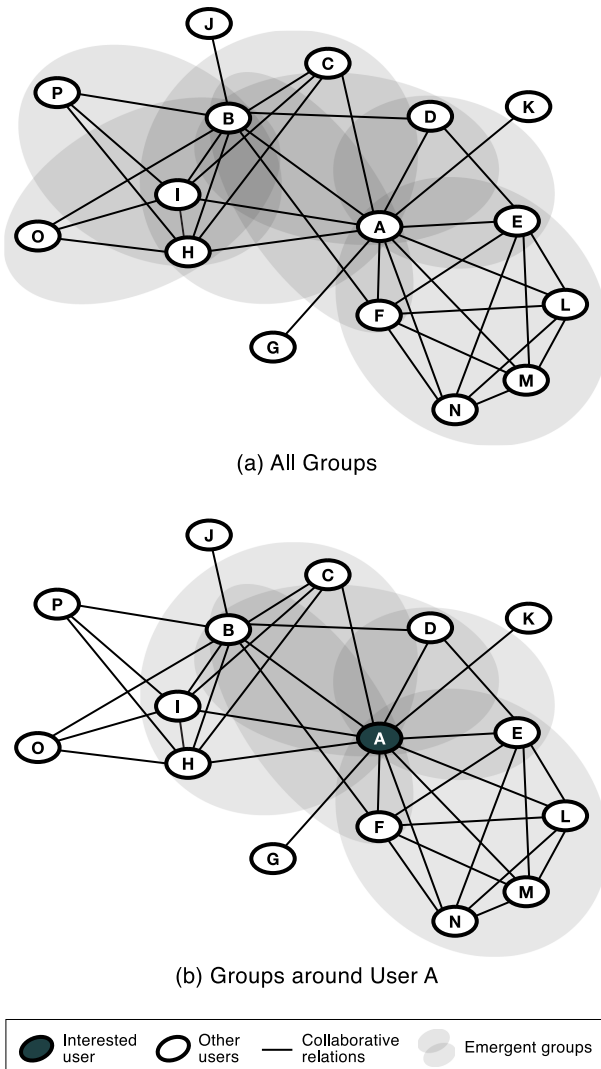


図 5 Social Network

クは必須とし、備考は前述の質問で「非同意」であったものは必須、「同意」であるものは任意で付加してもらうものとした。

被験者に提示したタスクの総数は 660 件である。うち 604 件 (8 名分) について回答を得た。結果を表 1 に示す。必須項目の「結果に対する同意・非同意」については「同意」が 484 件 (80.1%)、「非同意」が 120 件 (19.9%) であった。「非同意」のうち、その理由として備考の「1. 誰にも見せたくなかった」を挙げたものは 96 件である。これは有効回答全体の 15.9%、「非同意」の 80.0% を占める。本システムでは、4.1 節に述べたように各タスクに対して情報の公開レベルを「全てのユーザに公開しない」に設定することができる。そのため、これらのタスクについてはシステムとして問題の解決が容易である。同様に、非同意の理由が「3. 全員が見てもよかった」であった 13 件 (全体の 2.2%、「非同意」の 10.8%) についても情報公開レベルを「全てのユーザに公開する」とすることで解決できる。しかしながら、非同意の理由が「2. 一部

のユーザだけに見せたかった」すなわち閲覧可能なユーザが多すぎるとされる 11 件 (全体の 1.8%、「非同意」の 9.2%) については、前節のグループ発見アルゴリズムに関する問題点と同様に別の手法によるフィルタリングや手動設定が必要になると思われる。これらの解消は今後の課題である。

	Agree	Disagree
Evaluation	484 (80.1%)	120 (19.9%)
Remark 1	0	96 (15.9%)
Remark 2	0	11 (1.8%)
Remark 3	159	13 (2.2%)
Remark 4	30	0
Remark 5	48	0
None	247	0

表 1 Evaluation of Information Filtering

全体としては、「同意」もしくは解決が容易な「非同意」タスクは 593 件、有効回答全体の 98.2% となっており、提案手法によるスケジューリング支援は有効に機能しているといえる。

7. ま と め

本研究では個人のリソース管理の手法として協調モデルを提案し、携帯電話用タスクスケジューラとしてこのモデルを実装した。

本研究が対象としているのは会社組織のようにあらかじめ上下関係が定められておらず、その範囲が明確でないようなグループに複数所属しているような人々である。

提案システムでは、既存のグループウェア等とは異なり、メンバーリストの作成や管理者の決定といったグループの定義をあらかじめ行う必要はない。ユーザは、他のユーザに対して協調・依頼タスクを発行するという操作のみを行い、そこからの関係の発見やグループの同定はすべてサーバ側が自動的に行う。これにより、ボトムアップに構築されるグループや、タスクの発生とともに生まれるアドホックなグループに対しても適切な支援が可能になる。

提案システムでは、各ユーザがあらかじめ自身のリソース情報を公開することを前提としている。このような環境では、他人の時間リソースの状況を考慮した上でリソースの予約をすることが可能になるために、予期しないリソースの競合を引き起こすことが少なくなる。また、競合が実際に発生したとしても、交渉のサイクルが短くなるとと思われる。

過剰な情報公開によるプライバシーの侵害に対しては、タスク情報のアクセスコントロール機能によって望まない情報公開や全ての認証ユーザに全ての情報を公開してしまうといった状況を回避することが可能である。実際

には、タスクの依頼関係からグループを同定し、グループを横断するような情報アクセスを禁ずる。これにより、プライバシーの侵害を最小限に抑えた上で、情報共有によるメリットを享受することが可能になる。

提案システムでは、1人のクライアントソフトウェアから他の複数のユーザの持つタスクデータに直接タスク情報を書き込むことが可能である。他ユーザはこのタスク情報を自分で入力する必要がないため、トータルで見るとデータ入力のコストは大幅に低減する。携帯電話のアプリケーションを導入する上で阻害要因となるのはデータ入力の手間であることが多い。このような協調モデルには携帯電話用アプリケーションのデメリットを打ち消す効果があると考えられる。

謝 辞

本研究は情報処理振興事業協会（IPA）による「平成14年度未踏ソフトウェア創造事業」の支援を受けております。

◇ 参 考 文 献 ◇

- [Klusch 01] Klusch, M.: Information Agent Technology for the Internet: A survey, *Data and Knowledge Engineering*, Vol. 36, (2001)
- [Lessig 01] Lessig, L.: *The Future of Ideas: The Fate of the Commons in a Connected World*, Random House (2001)
- [Noronha 91] Noronha, S. J. and Sarma, V. V. S.: Knowledge-Based Approaches for Scheduling Problems: A Survey, *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, Vol. 3, No. 2, pp. 160–171 (1991)
- [NTT 02] NTT DoCoMo, http://www.nttdocomo.co.jp/p_s/imode/java/pdf/jguide504_021216.pdf: i アプリコンテント開発ガイド for 504i (2002)
- [Ohmukai 03] Ohmukai, I., Takeda, H., and Miki, M.: A Proposal of the Person-centered Approach for Personal Task Management, *Proceedings of 2003 Symposium on Applications and the Internet (SAINT2003)*, pp. 234–240 (2003)
- [Shneiderman 02] Shneiderman, B.: *Leonardo's Laptop: Human Needs and the New Computing Technologies*, MIT Press (2002)
- [Simon 77] Simon, H. A.: *The New Science of Management Decision*, Prentice-Hall (1977)
- [Sun 03] Sun Microsystems, <http://jcp.org/aboutJava/communityprocess/final/jsr139/>: *Java 2 Platform Micro Edition Connected Limited Device Configuration (J2ME CLDC) Specification* (2003)
- [Wellman 01] Wellman, B.: Computer Networks As Social Networks, *Science*, Vol. 293, pp. 2031–2034 (2001)
- [亀井 01] 亀井剛次, 藤田邦彦, E.Jettmar, , 吉田仙, 桑原和宏: ネットワークコミュニティの形成を支援するシステム Community Organizer における情報提示手法の検討, *電子情報通信学会論文誌*, Vol. J84-D-I, No. 9, pp. 1440–1449 (2001)