

携帯電話を用いたソーシャルネットワーキングのための クエリ伝播機構およびそのアプリケーション

富安 宏和[†] 前川 卓也[†] 原 隆浩[†] 西尾章治郎[†]

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科

E-mail: †{tomiyasu.hirokazu,t_maekawa,hara,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

あらまし 友人同士がその他の友人を紹介し合うことにより、新たな友人関係を広げるソーシャルネットワーキングが注目されている。本稿では、携帯電話を用いたソーシャルネットワークを実現するためのクエリ伝播機構、およびそれを用いたアプリケーションの設計と実装について述べる。実現するソーシャルネットワークは、複数の携帯電話およびクエリ伝播機構を実装したサーバから構成される。ユーザがクエリをクエリ伝播機構に送信すると、クエリ伝播機構はそのクエリをソーシャルネットワークに参加するユーザに伝播させる。これにより、ユーザはソーシャルネットワーク上から効率よく情報収集を行える。

キーワード ソーシャルネットワーキング, 携帯電話, 電子メール, 情報検索

A Query Propagation Mechanism and Its Applications for Social Networking using Mobile Phones

Hirokazu TOMIYASU[†], Takuya MAEKAWA[†], Takahiro HARA[†], and Shojiro NISHIO[†]

[†] Graduate School of Information Science and Technology, Osaka University

E-mail: †{tomiyasu.hirokazu,t_maekawa,hara,nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

Abstract Recently, there has been increasing interest in social networking, in which users can form new relationships with friends by introducing a friend each other. In this paper, we describe design and implementation of a query propagation mechanism and its applications to realize a social network composed by mobile users. Our realized social network consists of multiple mobile phones and a server with the query propagation mechanism. When a user sends a query to the server, the query is spread among users who participate in the social network. By using this, the user can efficiently retrieve information from the social network.

Key words Social networking, mobile phone, e-mail, information retrieval

1. はじめに

近年、計算機の小型化と無線通信技術の発展に伴い、モバイルコンピューティング環境が普及している。モバイルコンピューティング環境では、ユーザは携帯可能なモバイル端末を用いて、いつでもどこでもネットワークにアクセスし、情報通信やコンテンツの取得、閲覧を行うことができる。特に、携帯電話の普及は目覚しく、端末の高機能化が急速に進んでいる。

一方、友人同士がその他の友人を紹介しあうことにより、新たな友人関係を広げるソーシャルネットワーキングに注目が集まっている。ソーシャルネットワーキングでは、参加するユーザをノード、ユーザ同士の友人関係をリンクとするネットワークを構築する。ユーザは、そのネットワークを用いることで、友人の友人といった直接つながりがない人とコミュニケーショ

ンをとることができる。

ここで、誰もがいつでも利用できるという特徴から、ソーシャルネットワークの実現に携帯電話を用いることが有効である。また、他のユーザと手軽にコミュニケーションを取れるという特徴から、メールを用いることでソーシャルネットワークを手軽に構築できるものと考えられる。そこで本研究では、ユーザが携帯電話のメール機能を用いて、ソーシャルネットワークから必要な情報を検索するシステムの実現を目的とする。実現するソーシャルネットワークでは、ユーザが情報に対するクエリを記入したメールを、ソーシャルネットワークに参加するユーザに伝播させる。これにより、ソーシャルネットワークのユーザに対して効率よく情報収集を行える。

携帯電話のメール機能を用いたソーシャルネットワークの実現には、特別な管理サーバを用いずに、各ユーザがメールの転

送を繰り返すことでクエリを伝播する方法が考えられる。しかし、その場合は、クエリを発行したユーザがクエリの伝播を適当なタイミングで止めることが困難という問題がある。また、友人の友人といったメールアドレスを知らないユーザと直接コミュニケーションをとるためには、クエリを発行したユーザが、クエリ内に自身のメールアドレスを記載する必要がある。つまり、クエリを伝播させたユーザ全てにメールアドレスを知られてしまい、プライバシーの面で問題がある。

そこで本研究では、複数の携帯電話と管理サーバからなるシステム構成を想定し、クエリ伝播やユーザ間の情報交換を管理するクエリ伝播機構をサーバ上に実現する。ユーザがクエリに関する情報および友人のメールアドレスをサーバに送信すると、クエリ伝播機構はその友人にクエリをメールで送信する。クエリを受信したユーザは、クエリに対する回答、および、そのユーザの友人のメールアドレスをサーバに送信する。クエリを受信したユーザがそのクエリを友人に伝播させたくないときは、伝播を拒否することもできる。サーバは受信した回答を保存し、さらにクエリをその友人のアドレスに送信する。これを繰り返して、クエリの伝播を行う。クエリを発行したユーザは、サーバ上の回答を任意に参照できる。このシステムでは、クエリの伝播をサーバで管理するため、クエリ発行者のメールアドレスを他のユーザに伝播する必要がない。また、ユーザは任意のタイミングでクエリの伝播を停止することができる。

さらに本研究では、実現したクエリ伝播機構の有効性を検証するために、この機構を用いた3つのアプリケーションを実装する。具体的には、ソーシャルネットワーク上で条件に適合する人を探すアプリケーション F2F(Friend to Friend)、ソーシャルネットワーク上に質問を送信し他のユーザに回答してもらう質問回答アプリケーション、ソーシャルネットワーク上で画像の検索を行う画像検索アプリケーションを実現する。F2Fでは、ユーザが位置情報や性別などの検索条件をソーシャルネットワーク上に送信すると、その条件に合致する人を検索できる。質問回答アプリケーションでは、ユーザが質問をソーシャルネットワーク上に送信する。その質問を受信したユーザは、質問に自身の回答や意見を付加して他のユーザに転送する。つまり、質問が伝播されるにしたがって、その質問に対して回答や意見が付加される。質問を行ったユーザはいつでも質問に対する回答や意見を参照できる。画像検索アプリケーションでは、ユーザが画像の検索キーワードをソーシャルネットワーク上に送信すると、他のユーザの携帯電話に保存されている画像からキーワードに合致するものを検索できる。

ここで、ソーシャルネットワークに関する従来研究には、文献[2]や[5]がある。文献[2]では、ソーシャルネットワークを可視化するツールを提案している。この研究は本研究と同様に、メールを通信手段としており、友人とのメールの通信回数を友人との友好度合いと定義し、それに応じて可視化されたネットワークにおけるユーザ名の文字の色が変更される。さらに、似た興味をもつユーザをクラスタリングして表示することもできる。この研究では、メールのみを用いてソーシャルネットワークを実現しているのに対し、本研究ではサーバを用いる

ことでメールの伝播を制御している。文献[5]では、インスタントメッセージング(IM)を用いてソーシャルネットワーキングを実現する方法を提案している。この研究では、ユーザのWebブラウザに登録されているブックマークからユーザが興味をもつカテゴリを抽出する。ユーザは、同じカテゴリに興味をもつ人をソーシャルネットワーク上から検索し、IMのアカウントを交換し合うことができる。しかし、この研究では、検索に適合した人は検索実行者と直接通信できるため、全く知らない人にIMのアカウントを知られてしまう問題がある。一方、本研究では、携帯電話を用いたソーシャルネットワーキングを実現する方法を提案しており、ユーザ同士はサーバを介して通信するため、全く知らない人にメールアドレスを知られてしまうことがない。

以下、2章でクエリ伝播機構について説明し、3章でその機構を用いたアプリケーションの実装について説明する。4章でクエリ伝播機構の評価を行い、最後に5章でまとめを行う。

2. クエリ伝播機構

ソーシャルネットワーキングでは、各ユーザが友人関係を示すリンクでつながったネットワークを構築することで、例えば友人の友人ともコミュニケーションをとることができる。しかし、携帯電話でソーシャルネットワークを実現するとき、通信の手段が限られており、友人の友人と直接通信を行うことは困難である。そこで本研究では、携帯電話でソーシャルネットワーキングを行うにあたり、メールを用いて情報を伝播する。

ここで、メールのみを用いてソーシャルネットワーキングを実現するとき、クエリ発行者はクエリの伝播状況を把握することができず、伝播を止めることができない。さらに、友人の友人と通信するためには、友人を介してメールアドレスを教えあう必要がある。そこで本研究では、管理サーバによってクエリの伝播やユーザ間の通信を制御できるようにした。さらに、携帯電話上にクエリの伝播を支援するJavaアプリケーションを実装した。図1に実現したクエリ伝播機構の構成を示し、以下にその動作手順を示す。

(1) クエリ発行者は、クエリ発行フォームを用いて初期クエリを作成し、友人のメールアドレスとともに管理サーバ上のクエリ伝播部に送信する。

(2) クエリ伝播部は、クエリを受信すると伝播終了条件を参照する。これは、クエリ伝播部がクエリの伝播を続行するかを判定するための条件であり、クエリ発行者はアプリケーションごとに異なる条件を設定できる。クエリ伝播部は、そのクエリの状態が終了条件に合致するとき、伝播を中止する。合致しないときは、クエリと同時に受信したメールアドレスに対して、メールによりクエリを送信する。

(3) クエリ中継者はメールを受信すると、メール内の引数を用いてJavaアプリケーションを起動し、クエリの内容を閲覧する。そして、クエリの内容に応じて、そのクエリを他のユーザに転送するか否かを判定する。この動作はアプリケーション毎に異なり、ユーザ自身が判定するだけではなく、携帯電話上のJavaアプリケーションが判定するときもある。転送すると判

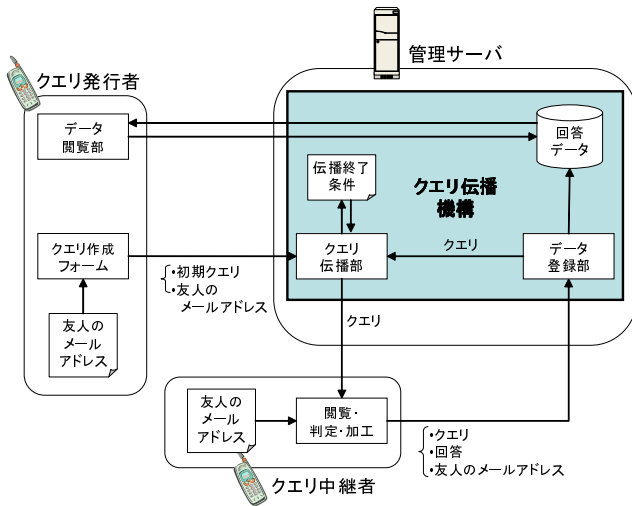


図1 クエリ伝播機構の構成

定されたクエリは、クエリ中継者の友人のメールアドレスとともに管理サーバのデータ登録部に送信される。ユーザがクエリに対して回答を行ったときは、その回答も同時に送信される。またアプリケーションによっては、クエリが加工されて送信される場合もある。

(4) データ登録部は、クエリ、メールアドレス、および、回答を受信すると、回答を管理サーバ上のディスクに保存し、その後、クエリとメールアドレスをクエリ伝播部に渡す(2)に戻る。

クエリ発行者は、携帯電話上のデータ閲覧部から、クエリ伝播機構内の回答データを任意に閲覧できる。

3. アプリケーションの実現

本章では、2章で述べたクエリ伝播機構を用いて実装した、F2F、質問解答アプリケーション、画像検索アプリケーションについて説明する。なお、アプリケーションの実装には、携帯電話としてNTTドコモiアプリ対応携帯電話SH900iとF900iを用い、携帯電話上のモジュール群はiアプリを用いて実装した。管理サーバ上のクエリ伝播機構およびモジュール群は、RedHat Linux 9上でPerl5言語を用いたCGIプログラムとして実装した。

3.1 F2F(Friend to Friend)

本節では、F2Fの概要、設計、および、実装について述べる。

3.1.1 概要

F2Fは、入力した条件に適合する人をソーシャルネットワーク上から探すアプリケーションである。ユーザは、位置情報、性別、趣味(例:スポーツに興味があるか)などの条件に合致する人を探ることができる。利用例として、スポーツ大会や飲み会のメンバーを集める場合などが考えられる。また、F2Fではクエリ発行者が収集人数を伝播終了条件として設定し、収集人数に達したときは伝播が中止される。F2Fの動作の手順を下に示す。

(1) ユーザは、携帯電話のJavaアプリケーション上で検索条件と収集人数を入力する。検索条件はサーバを経由して、そ

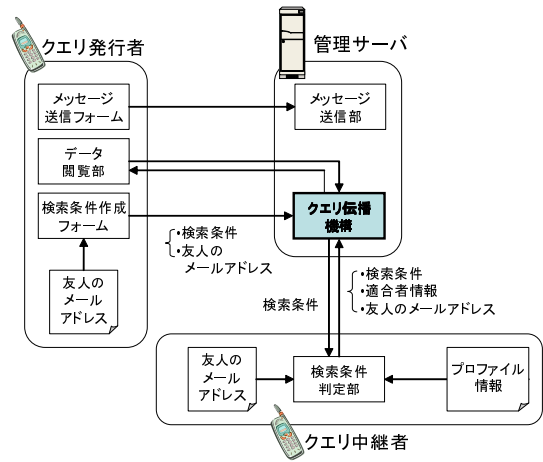


図2 F2Fの構成

のユーザの携帯電話に登録されている友人全てのメールアドレス宛てに送信される。

(2) メールを受信したユーザの携帯電話上のJavaアプリケーションは、そのユーザが検索条件に適合しているか判定する。適合していれば、アプリケーションはそのことをクエリ発行者に通知するかどうかをユーザに確認する。ユーザが承認すれば、検索条件とともに適合者のメールアドレスとその友人全てのメールアドレスをサーバに送信する。承認しないときや検索条件に適合しないときは、検索条件に友人のメールアドレスのみを加えてサーバに送信する。

(3) サーバは、検索条件とともに受信した適合者のメールアドレスをデータベースに登録する。データベースに登録されているメールアドレスが収集人数を超えるときは、伝播を中止する。超えないときは、検索条件とともに受信した適合者の友人のメールアドレスに対してメールを送信する。

クエリ発行者はサーバのデータベースに問い合わせることにより、いつでも適合者の人数を確認できる。また、データベースに登録されている適合者のメールアドレスを用いて、適合者全員にメッセージを送信できる。

3.1.2 設計

F2Fの構成を図2に示す。F2Fは、図1に示したシステム構成に対して以下のモジュールを追加することで実現する。

[検索条件作成フォーム]

クエリ発行者は、検索条件作成フォームを用いて検索条件を指定する。検索条件として以下の項目を指定できる。

- 位置情報
- 性別
- 飲み会をしたいかどうか
- 運動をしたいかどうか
- 協調ブラウジングをしたいかどうか

このアプリケーションでは、“iエリア”[3]から取得した位置情報を用いる。これは、携帯電話の基地局情報を基に、携帯電話の位置情報を求めるものである。しかし、iエリアでは詳細な位置を特定できないため、ユーザが入力した補足的な位置情報も検索条件に用いることができる。

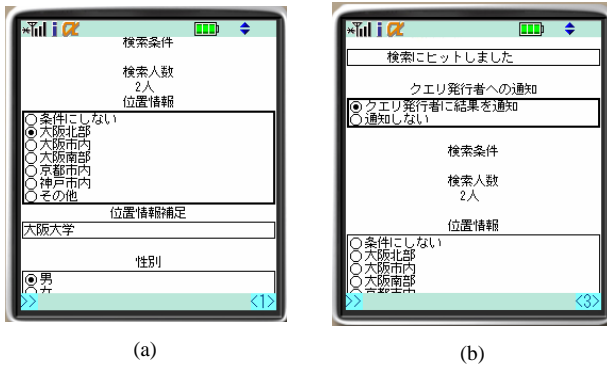


図 3 F2F の画面

さらにこのアプリケーションでは、筆者らの研究グループで提案している協調ブラウジング [4] において、ブラウジングに参加したい人を検索することもできる。協調ブラウジングは、1つのモバイル端末だけでは閲覧することのできない情報量の多いコンテンツを、近くにいる複数のモバイルユーザと協力して閲覧するものである。

クエリ中継者はこれらの情報をあらかじめプロフィール情報として登録しておく。

[検索条件判定部]

クエリ中継者の携帯電話上の検索条件判定部は、サーバから受信した検索条件と、中継者のプロフィール情報が合致しているかを判定する。合致するとき、中継者に対して中継者のメールアドレスをサーバに登録するか否かを確認する。中継者が承認すると、検索条件、中継者のメールアドレス、および、その友人のメールアドレスを管理サーバに送信する。

[メッセージ送信フォーム]

クエリ発行者は、メッセージ送信フォームを用いて、サーバ上に登録されている、条件に合致したユーザにメッセージを送信できる。

[メッセージ送信部]

管理サーバ上のメッセージ送信部は、クエリ発行者からメッセージを受信すると、そのメッセージを登録されている検索条件合致者全員に送信する。このメッセージにはクエリ発行者のメールアドレスを含み、クエリ発行者と合致者は直接メールのやり取りを行えるようになる。

3.1.3 実装

図 3 に F2F の携帯電話の画面を示す。図 3(a) はクエリ発行者が検索条件を入力する画面である。検索人数の項目は携帯電話の数字ボタンを押すことで設定する。位置情報補足の項目には任意の文字列を入力する。それ以外の項目はラジオボタンを用いて設定する。図 3(b) はクエリ中継者のプロフィールと検索条件が合致したときに、中継者の携帯電話に表示される確認画面である。クエリ発行者への通知項目で、クエリ発行者に検索条件に合致したことを通知するか否かを設定する。また、クエリ中継者はクエリに記述されている検索項目を確認できる。

3.2 質問回答アプリケーション

本節では、質問回答アプリケーションの概要、設計、および、実装について述べる。

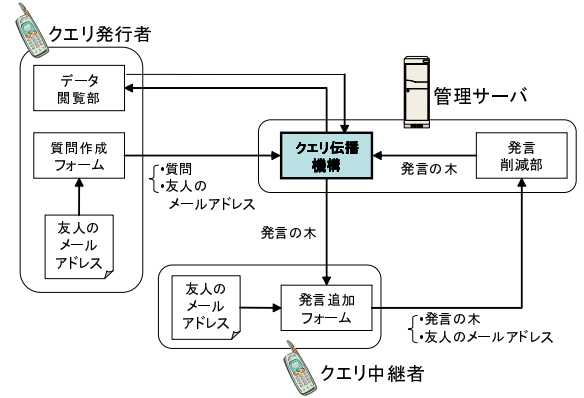


図 4 質問回答アプリケーションの構成

3.2.1 概要

質問回答アプリケーションでは、あるユーザが発行した質問をソーシャルネットワークに参加するユーザに伝播させ、その質問に回答できるユーザに回答してもらう。質問を受信したユーザは、質問に回答や意見といった新規発言を追加して自身の友人に送信する。このとき、新規発言は、クエリ発行者の質問や他の中継者による発言への返答として行う。つまり、質問と発言の履歴は、質問を根とし発言をノードとする木構造になる。ここで、この発言の木はネットワークを伝播するにしたがってノードの数が増大する。しかし、携帯電話のディスプレイでは情報量の多い発言の木を閲覧するのは困難である。そこでサーバは、発言の木が一定のサイズを超えたとき、古い発言を削減する。質問回答アプリケーションでは、最初の質問が送信されてから一定時間が経過すると、伝播を中止する。経過していないときは、次の中継者に発言の木を送信する。以下に質問回答アプリケーションの動作手順を示す。

(1) ユーザは、携帯電話の Java アプリケーション上で質問を作成する。質問は、携帯電話に登録されている友人のメールアドレス宛にサーバを経由して送信される。

(2) メールを受信したユーザは、発言の木の内容を閲覧し、新規発言を加えて、友人のメールアドレスとともにサーバに送信する。

(3) サーバは発言の木のデータサイズが制限を超えているとき、古い発言を削減する。そして、サーバは木をデータベースに登録する。また質問が最初に送信されてから一定時間が経過していると、伝播を中止する。経過していないときは、次の中継者に木を送信する。

クエリ発行者はサーバのデータベースに問い合わせることにより、いつでも発言の木を閲覧することができる。

3.2.2 設計

質問回答アプリケーションの構成を図 4 に示す。質問回答アプリケーションは、図 1 に示したシステム構成に対して以下のモジュールを追加することで実現する。

[質問作成フォーム]

クエリ発行者は、質問作成フォームを用いて質問を作成する。フォームに質問が入力されるとサーバに質問および友人のメールアドレスが送信される。

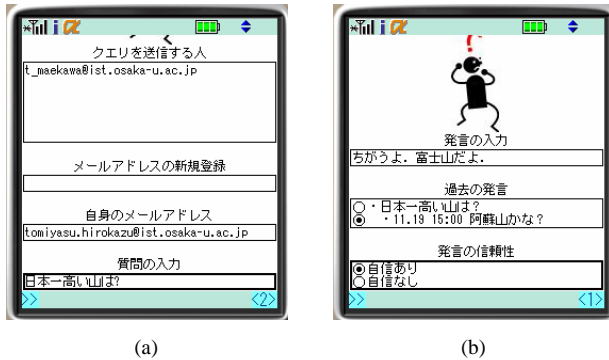


図5 質問回答アプリケーションの画面

[発言追加フォーム]

クエリ中継者は、発言追加フォームを用いて、発言の木に新規発言をする。フォームに新規発言が入力されると、サーバに発言の木、および、友人のメールアドレスが送信される。このとき新規発言には、発言を行った時刻の情報が付加される。

[発言削減部]

サーバ上の発言削減部は、発言の木のデータサイズが制限値を超えたときに発言の木のデータを削減する。具体的には、発言に付加された時刻情報から不必要なノードを削除する。以下に発言を削除するアルゴリズムを示す。

(1) 木において付加された時刻が最も古い葉の親ノードをカレントノードとする。

(2) 一番古い葉ノードを削除する。

(3) カレントノードが子をもつとき、発言の木がメールで送信できる制限以下か判定する。制限以下なら、終了する。制限より大きければ(1)に戻る。

カレントノードが子をもたないとき、カレントノードを削除し、削除したノードの親をカレントノードとする(3)に戻る。

[データ閲覧部]

クエリ発行者は、データ閲覧部を用いて、サーバのデータベースに格納されている発言の木のいつでも閲覧できる。

3.2.3 実装

図5に質問回答アプリケーションの携帯電話の画面を示す。図5(a)は、クエリ発行者が質問を入力する画面である。質問の入力項目に質問の内容を入力する。図5(b)は、クエリ中継者が受信した発言の木に対して、発言を行っている画面である。発言の入力項目に発言を入力する。過去の発言項目には、他のユーザが追加した発言履歴が表示されており、新規発言を追加するときは、過去のどの発言に対する発言であるかをラジオボタンで選択する。発言の信頼性項目で“自信あり”を選択すると、質問発行者に対しても発言の木が送信される。

3.3 画像検索アプリケーション

本節では、画像検索アプリケーションの概要、設計、および、実装について述べる。

3.3.1 概要

近年、ほとんどの携帯電話にデジタルカメラが搭載されており、携帯電話のユーザはいつでもどこでも画像を撮影し、閲覧

できる。画像検索アプリケーションは、ソーシャルネットワークに参加しているユーザの携帯電話内の画像を、画像に付加されているメタデータを利用して検索できる。具体的には、ユーザが探したい画像のキーワードをネットワークに伝播させることにより、キーワードに合致するメタデータをもつ画像を検索する。ここでメタデータは、その画像を表す語句で、画像を所有するユーザがJavaアプリケーションを用いて事前に登録する。メタデータを登録した画像のみが検索対象となるため、ユーザは検索対象になっても構わない画像のみにメタデータを登録する。

ここで、検索に用いたキーワードが必ずしもメタデータに含まれる語句と合致するとは限らない。例えば、チワワの画像に“犬”というメタデータが付加されていたとき、この画像を“チワワ”というキーワードで検索してもヒットしない。そこで、このアプリケーションでは、キーワードをクエリ中継者がもつ知識データにより補完する。例えば、“チワワ”というキーワードを受信したクエリ中継者が“チワワ=犬”という知識データをもつとき、キーワードにその知識データが追加される。また、受信した検索キーワードや知識データに合致した画像をもつクエリ中継者の知識データベースには、その知識データが追加される。さらに、知識データはユーザが手入力することもできる。画像が見つかったときは、画像がサーバに送られる。クエリ発行者は画像のURLをメールで受信し、ブラウザを用いて検索画像を閲覧できる。画像検索アプリケーションでは、クエリ発行者が画像の収集数を伝播終了条件として設定する。収集数に達したとき、伝播は中止される。以下に、画像検索アプリケーションの動作の手順を示す。

(1) ユーザは、検索する画像のキーワードを入力する。キーワードは、携帯電話に登録されている友人のメールアドレス宛にサーバを経由して送信される。

(2) メールを受信した携帯電話上のJavaアプリケーションは、キーワードに知識データを付加する。さらに、キーワードと知識データを用いて画像を検索する。画像が見つかったときは、その画像をサーバへ送信する。さらに、キーワード、知識データ、および、そのユーザの友人のメールアドレスをサーバへ送信する。

(3) サーバは画像を受信すると、画像をデータベースに保存する。また、クエリ発行者にその画像へのURLを含むメールを送信する。さらに、指定した枚数の画像が見つからないときは、サーバは受信したメールアドレスに対してクエリを送信する。

3.3.2 設計

画像検索アプリケーションの構成を図6に示す。画像検索アプリケーションは、図1に示したシステム構成に対して以下のモジュールを追加することで実現する。

[キーワード作成フォーム]

クエリ発行者は、キーワード作成フォームを用いて質問を作成する。フォームにキーワードが入力されると、サーバにキーワードおよび友人のメールアドレスが送信される。

[知識データ追加部]

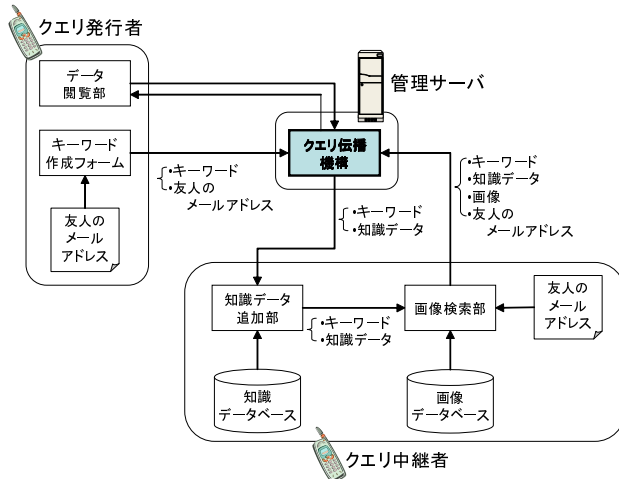


図6 画像検索アプリケーションの構成

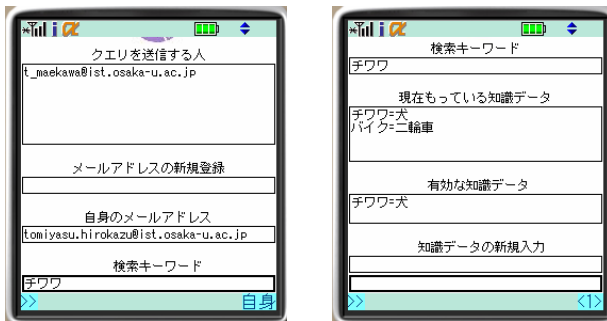


図7 画像検索アプリケーションの画面

クエリ中継者上の知識データ追加部は、検索キーワードに関する知識データを追加して画像検索部に送る。

[画像検索部]

クエリ中継者上の画像検索部は、携帯電話内の画像データベースから、キーワードおよび知識データを用いて画像を検索する。画像が見つかったときは、その画像をサーバに送信する。見つからなかったときは、キーワード、知識データ、および、その友人のメールアドレスをサーバに送信する。1つのクエリにキーワードが複数あるときは、まず、クエリ発行者が指定したキーワードを用いて画像を検索し、画像が見つからなかったときは知識データによって追加されたキーワードを用いて追加された順に検索する。

[データ閲覧部]

クエリ発行者は、データ閲覧部を用いて検索条件に合致する画像を閲覧する。

3.3.3 実装

図7に画像検索アプリケーションの携帯電話の画面を示す。図7(a)は、クエリ発行者がキーワードの入力を行っている画面である。検索キーワード項目に検索したい画像のキーワードを入力する。図7(b)は、クエリ中継者がキーワードを受信したときに表示される画面である。有効な知識データ項目には、受信したキーワードに関する知識データが表示される。また中継者は、知識情報の新規入力項目に入力することで、知識データ

ベースに新たな知識データを追加できる。

4. 評価

本研究では、複数の携帯電話のユーザから構成されるソーシャルネットワークにおいて、クエリ伝播やユーザ間の情報交換を管理するクエリ伝播機構をサーバ上に実現した。一方、サーバを用いずに複数の携帯電話のみでソーシャルネットワークを構成することも考えられる。本章では、提案機構を用いるとき、サーバを用いずに携帯電話のみでソーシャルネットワークを実現するときとの比較評価を行う。

4.1 携帯電話のみで構成したソーシャルネットワーク

サーバを用いずに携帯電話のみでソーシャルネットワークを実現するためには、クエリの伝播を適切なタイミングで停止する必要がある。ここでは、クエリ発行者自身がクエリの伝播を停止する方法を考える。つまり各中継者は、クエリを他のユーザに伝播する前に、クエリを伝播してよいかどうかをクエリ発行者に確認する。以下に、この方法によりクエリの伝播を制御する処理の流れを示す。

- (1) クエリ発行者は、友人に対してクエリを送信する。また、クエリに対して自身のメールアドレスを付加する。
- (2) クエリ中継者はクエリを受信すると、自身のもつ情報がそのクエリに適合しているかどうかを確認し、その結果をクエリ発行者にメールで送信する。このとき、メールに付加されているクエリ発行者のメールアドレスを用いてメールを送信する。
- (3) クエリ発行者は、クエリの適合結果を受信する。そして、クエリをさらに伝播させる場合は、適合結果を返信したユーザに対してメールで要求する。
- (4) クエリの伝播を要求された中継者は、自身の友人に対してクエリを転送する(2)に戻る。

以上のように、クエリ発行者が友人の友人といった、メールアドレスを直接知らない人とメールのやりとりを行うためには、クエリに自身のメールアドレスを記述し、クエリ発行者と全ての中継者が直接通信を行う方法(以下、SQP-D法: Serverless Query Propagation-Direct)が考えられる。しかし、この方法はクエリを受信した全てのユーザにクエリ発行者のメールアドレスを知らせるため、プライバシーの面で問題がある。そこで、クエリ発行者とクエリ発行者のメールアドレスを知らない人が中継者を介して通信を行う方法(以下、SQP-R法: Serverless Query Propagation-Relay)が考えられる。この方法では、例えばクエリ発行者があるユーザにメールを送信するとき、メールはソーシャルネットワーク上におけるクエリ発行者とユーザ間のパス上のユーザを順に中継して送信される。これにより、メールアドレスを直接知らない人とでもメールアドレスを交換せずに通信できる。

4.2 評価方法

評価では、ソーシャルネットワークから条件に適合する人を検索する際の、メールの通信回数と適合者を探し終えるまでの所要時間について、F2Fを用いるときとメールのみを用いるとき(SQP-D法, SQP-R法)をシミュレーションで比較する。

まず、シミュレーション評価で用いたソーシャルネットワークの構成について説明する。ネットワークは、参加ユーザ数を200人とするべき乗ランダムグラフ (Power-Law Random Graph: PLRG) [1] となっており、ネットワークに参加するユーザ i の友人の数、つまり、ユーザ i に接続する枝の数 d_i は、次式で表される。

$$d_i = 10 \times [i^{-0.4}] \quad (1)$$

評価では、各ネットワーク内でクエリをランダムに100回発生させた。この動作をランダムに作成した1000個のネットワークにおいて行い、それぞれの手法の通信回数の平均を求めた。また、シミュレータの実装にはJava言語を用いた。

次に、指定した数の適合者を探し終えるまでの所要時間の計算方法について説明する。所要時間は、クエリ発行者から最も遠いホップ数の適合者とクエリ発行者間のホップ数を用いて計算することができる。ここで、 k をクエリ発行者から最も遠い適合者とクエリ発行者間のホップ数、 T_{mail} をクエリ中継者がメールを受信してから自身の友人にメールを送信し、友人がそれを受信するまでの時間、 T_{F2F} を F2F でクエリ中継者がメールを受信してからサーバにメールを返信し、その中継者の友人がメールを受信するまでの時間とする。つまり、 T_{F2F} は F2F でクエリが1ホップ伝播する時間である。以下に各手法ごとに、所要時間を求める式を示す。

- F2F

F2F では、クエリを k ホップ伝播するのにかかる時間が所要時間である。つまり、所要時間は以下ようになる。

$$k \cdot T_{F2F} \quad (2)$$

- SQP-D 法

SQP-D 法では、クエリ中継者がクエリ発行者に対して、条件に合致するか否を示すメールを送信し、その後クエリ発行者からクエリを伝播させるかどうかのメールを受信する。さらに、中継者は自身の友人に対してクエリを送信する。つまり、中継者がクエリ発行者とやり取りをするために2回の通信が必要であり、 $2T_{mail}$ の時間がかかる。さらに、自身の友人にクエリを伝播するのに T_{mail} の時間がかかるため、1ホップの伝播には $3T_{mail}$ の時間がかかる。ここで、中継者がクエリを伝播させるのに要する時間は、その友人数に関係なく一定としている。これは、中継者が複数の宛先を指定したメールを送信すると想定しているためである。つまり、所要時間は以下ようになる。

$$3k \cdot T_{mail} \quad (3)$$

- SQP-R 法

SQP-R 法では、クエリ発行者とユーザは、ネットワークにおけるパス上のユーザを中継してメールのやり取りを行う。つまり、クエリ発行者と n ホップ離れたユーザは、クエリ発行者と1回メールのやり取りをするために $2n$ 回の通信が必要である。さらに、自身の友人にクエリを伝播するのに T_{mail} の時間がかかり、1ホップの伝播に $(2n+1) \cdot T_{mail}$ の時間がかかる。つまり、所要時間は以下ようになる。

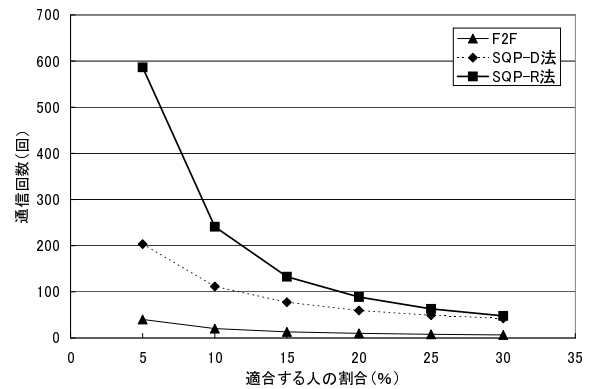


図8 適合する人の割合と通信回数の関係

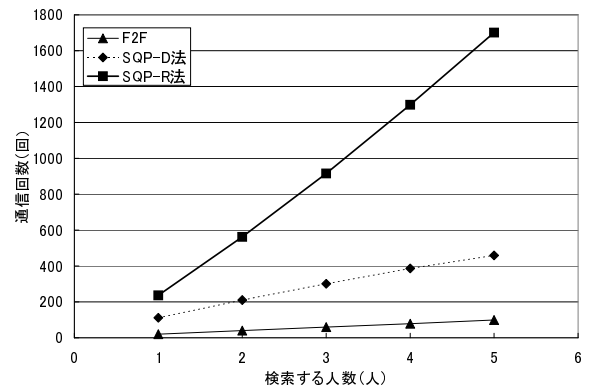


図9 検索する人数と通信回数の関係

$$T_{mail} \sum_{n=1}^k (2n+1) = k(k+2) \cdot T_{mail} \quad (4)$$

シミュレーションにおいて、 T_{mail} 、 T_{F2F} の値は、実測値に基づいて決定した。 T_{mail} は、操作に習熟している携帯電話を用いて、30字程度のメッセージを作成し、友人に送信するまでの時間を計測した。中継者がクエリを伝播するときにクエリをそのまま転送する場合や、クエリ発行者がクエリ伝播の要求を以前に行った際の文面をそのまま再利用する場合などが考えられるが、今回は簡単化のため T_{mail} は常に一定とした。 T_{F2F} の計測も同様である。それぞれの計測を10回ずつ行い、平均値を計算したところ、 T_{mail} は1.375分、 T_{F2F} は0.818分となった。

4.3 評価結果

図8は、適合者を1人検索するときの、検索条件に適合する人の割合と適合者を検索し終えるまでの通信回数の関係を示したものである。図9は、適合する人の割合が10%のときの、検索する人数と通信回数との関係を示したものである。両方の図において、通信回数はSQP-R法、SQP-D法、F2Fの順に少ない。SQP-D法とSQP-R法がF2Fよりも通信回数が多いのは、クエリを伝播する際に、友人だけでなくクエリ発行者ともメールのやり取りを行う必要があるためである。SQP-R法がSQP-D法よりも通信回数が多いのは、SQP-R法においてメールの中継を行っているためである。図8において、適合する人の割合が大きくなるほど、SQP-D法とSQP-R法の通信回数が近くなっている。これは、適合する人の割合が大きいほど短いホップ数

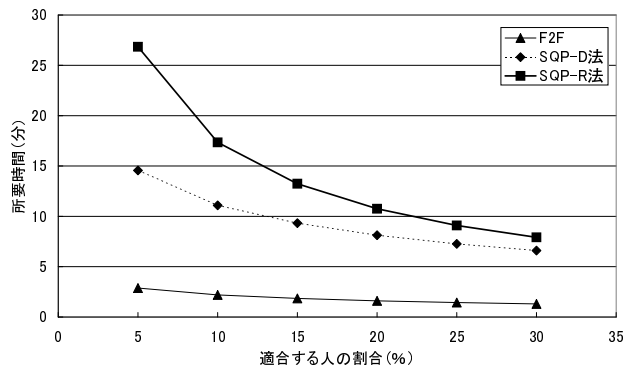


図 10 適合する人の割合と所要時間の関係

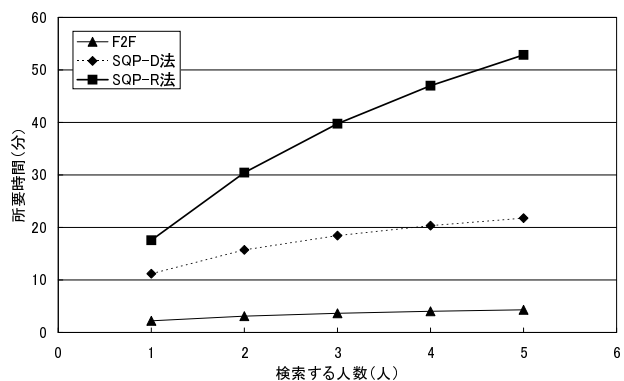


図 11 検索する人数と所要時間の関係

で検索が終了し、SQP-R 法におけるメールの中継がほとんど行われなためであると考えられる。しかし、そのようなときでも F2F の方が通信回数は大幅に少ない。

図 10 は、適合者を 1 人検索するときの、条件に適合する人の割合と適合者を検索し終えるまでの所要時間の関係を示したものである。図 11 は、適合する人の割合が 10% のときの、検索する人数と所要時間との関係を示したものである。両方の図において、所要時間は SQP-R 法、SQP-D 法、F2F の順に短い。SQP-D や SQP-R が F2F よりも所要時間が長いのは、1 ホップの伝播に要する時間がこの順で少ないためである。さらに、ネットワークの制御を F2F ではクエリ伝播機構を用いてサーバが行っているのに対し、他の 2 つの方式ではユーザが処理する必要があり、より処理時間がかかってしまう。

4.4 考 察

携帯電話のメールを用いてソーシャルネットワークを実現するためには、サーバを用いる方法と用いない方法が考えられる。本評価では、サーバを用いる場合として F2F、サーバを用いない場合として SQP-D 法と SQP-R 法を用いて比較評価を行った。SQP-D では、クエリ発行者と各ユーザが直接通信を行う。したがって、クエリにクエリ発行者のメールアドレスを記述する必要があるため、プライバシーの問題がある。これを解決するために、SQP-R ではクエリ発行者と各ユーザの通信を中継者を介して行っている。そのため、SQP-R は通信回数が多くなり、検索に要する時間も長くなっている。一方、クエリ伝播機構を用

いたときは、各ユーザはサーバと通信をするだけでよい。また、Java アプリケーションを用いてクエリの発行や転送を容易にしているため、サーバを用いない方法よりも所要時間を短縮できる。評価においても、さまざまな条件下で 5 分以内に検索が完了しているため、十分実用であると考えられる。しかし、メールを用いたコミュニケーションにおいては、メールの受信者が受信したメールの返信を必ずしもすぐに行う必要はない。今後はそのような状況を考慮した評価も行う予定である。

5. ま と め

本稿では、携帯電話を用いたソーシャルネットワークを実現するためのクエリ伝播機構を構築をした。また、その機構を用いたアプリケーションとして、F2F、質問回答アプリケーション、および、画像検索アプリケーションを実現した。共通のクエリ伝播機構を用いて実現したため、最低限のモジュールのみを新しく実装するだけで 3 つのアプリケーションを実現できた。さらに、クエリ伝播機構を用いない 2 つの手法を評価対象として評価を行い、クエリ伝播機構の有効性を示した。今後は、ソーシャルネットワークで検索を行う際の効果的なルーティング方法について検討する必要がある。

謝 辞

本研究の一部は、平成 16 年度受託研究（独立行政法人情報通信研究機構）「モバイル端末による協調ブラウジングのためのアプリケーション開発に関する研究」および文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術の創出」の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

文 献

- [1] L. A. Adamic, R. M. Lukose, A. R. Puniyani, and B. A. Huberman: "Search in Power-Law Networks," *Physical Review E*, Vol. 64, No. 4, 046135, Sept. 2001.
- [2] D. Boyd and J. Potter: "Social Network Fragment: An Interactive Tools for Exploring Digital Social Connections," *Proc. of SIG-GRAPH 2003*, p. 1, July 2003.
- [3] i エリア: <<http://www.nttdocomo.co.jp/mc-user/i/iarea.o.html>>.
- [4] 前川卓也, 上向俊晃, 原 隆浩, 西尾章治郎, "複数のモバイル端末による協調ブラウジングのための木構造型コンテンツ記述方式と分割方式," 情報処理学会論文誌: データベース, Vol. 45, No. SIG7(TOD 22), pp. 11-23, June 2004.
- [5] J. Zhang and M. V. Alstyn: "SWIM: Forstering Social Network Based Information Search," *Proc. of Int'l. Conf. on Human Factors and Computing Systems*, p. 1568, Apr. 2004.