

モバイル・ソーシャルネットワークにおける プロフィールを利用した問合せルーティング手法

富安宏和[†] 前川卓也[†]
原隆浩[†] 西尾章治郎[†]

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クが注目されている。筆者らは、携帯電話による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を行ってきた。このネットワークでは、携帯電話を用いて友人やさらにその友人がもっている情報を検索することができる。しかし、検索の成功率を高めるためには、あるユーザがクエリを受信したとき、その全ての友人にクエリを中継する必要があるため、通信回数が多くなってしまふ。そこで本稿では、ユーザのプロフィール（嗜好情報）を利用して通信回数を削減可能な問合せルーティング手法を提案する。具体的には、ネットワークにおける近隣ユーザ間でプロフィールを共有することで、プロフィールに応じてクエリを適切なユーザにルーティングする。また、この手法を実装したアプリケーションを実現した。さらに、シミュレーション実験による性能評価を行った。

A Query Routing Method in a Mobile Social Network Based on User Profile

HIROKAZU TOMIYASU,[†] TAKUYA MAEKAWA,[†]
TAKAHIRO HARA[†] and SHOJIRO NISHIO[†]

Recently, there has been increasing interest in social networking, in which users can form new relationships with friends by introducing a friend each other. We have designed and implemented a query propagation mechanism and its applications to realize a social network composed by mobile phone users. In this network, users can retrieve information which their friends or their friends' friends have by using mobile phones. However, when a user receives a query, he or she must relay the query to all his/her friends in order to improve the success rate of the query, and this causes the increase of the number of communication packets. In this paper, we propose a query routing method to decrease the number of communication packets by using user profile. Specifically, by sharing user profile among neighboring users in the network, a query can be routed via an efficient path. We discuss our implementation of an application to realize this method and also conduct simulation experiments to evaluate the method.

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クに注目が集まっている。ソーシャルネットワークでは、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

[†] 大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻
Department of Multimedia Engineering, Graduate School
of Information Science and Technology,
Osaka University

のと考えられる。そこで筆者らは、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を提案している³⁾⁴⁾。提案したシステムでは、ユーザが情報を検索するために、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情報収集を行える。

筆者らは、このようなシステムをユーザの携帯電話と管理サーバを用いて実現するために、クエリ伝播やユーザ間の情報交換を制御するクエリ伝播機構を提案している³⁾⁴⁾。ユーザがクエリと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メールアドレスに対してクエリを送信する。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。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。

これまでに実現したシステムでは、ユーザはクエリを含むメールを受信すると、そのクエリを友人に伝播するか否かを判断し、伝播するときはメールを全ての近隣ユーザに転送する。このシステムでは、ネットワーク上のクエリ数が多くなると、ユーザは多くのメールを転送させる必要がある。そこで本研究では、ネットワーク上でやりとりされるメール量を減らすために、ユーザのプロファイルを利用した問合せルーティング手法を提案する。ここでプロファイルとは、ユーザが興味をもつ分野や詳しい分野を端的に表す語のリストである。提案手法では、ユーザは事前に自身のプロファイルネットワークにおける近隣のユーザに通知しておく。これにより、近隣のユーザのプロファイルに適合するクエリを受信したユーザは、そのクエリを全ての近隣ユーザにフラディングすることなく、適合するユーザへ向かうパス上のみクエリを伝播できる。この手法を用いることで、ネットワーク上に伝播するメールの数を減少させ、ユーザの負担を軽減できる。

近隣ノードの情報を用いたルーティングを手法を提案している従来研究として文献2)がある。この研究では、ネットワークに参加するノードは近隣のノードがもつコンテンツの概要に関する情報をもっており、クエリを受信したノードはその情報を用いてクエリをルーティングすることで通信回数を減少させている。一方、本研究ではソーシャルネットワークを利用して

作成したユーザのプロファイルを用いたルーティングを行う。また、管理サーバを用いることでメールの伝播を制御している。

以下、2章でクエリ伝播機構とそのアプリケーションについて説明し、3章で提案するルーティング手法について説明する。4章でルーティング手法の評価を行い、最後に5章でまとめを行う。

2. クエリ伝播機構とそのアプリケーション

ソーシャルネットワークでは、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り、プライバシーの問題がある。そこで文献3)4)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、クエリ作成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。転送すると判定されたクエリは、クエリ中継者の友人のメールアドレスと

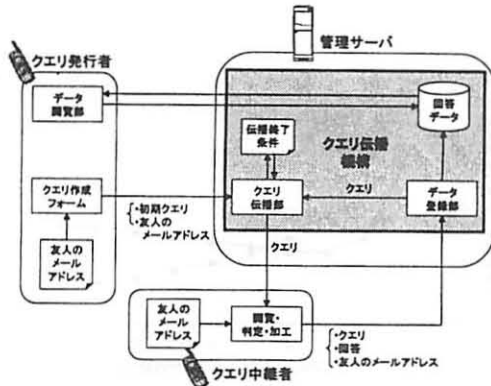


図1 クエリ伝播機構の構成

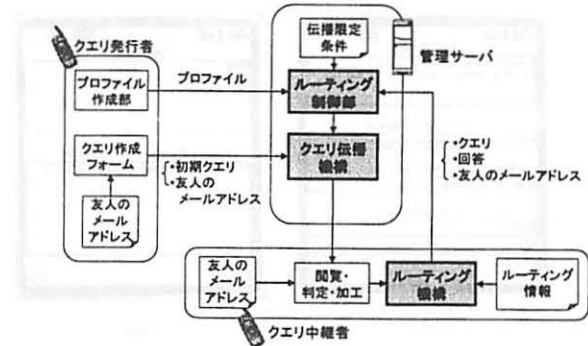


図2 システム構成

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ときもある。

- (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。

筆者らは以上の機構を用いて、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 F2F(Friend to Friend)、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、回答可能な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画像検索アプリケーションを実装している。

3. プロファイルを利用したルーティング手法

本章では、本稿の提案手法およびアプリケーションについて述べる。

3.1 システム構成

ユーザは、筆者らがこれまでに提案したクエリ伝播機構とアプリケーションを用いて、ソーシャルネットワーク上で人や画像などを検索できる。しかし、実現したシステムはメールを用いているため、ネットワーク上のクエリ数が多くなると、ユーザは多くのメールを転送させる必要がある。そこで本研究では、ネットワーク上で交換されるメール量を減らすために、ユーザのプロファイルを利用した問合せルーティング手法

を提案する。図2にシステム構成を示す。図1のシステムに、ルーティング機構とルーティング制御部を加えている。以下にその動作手順を示す。

- (1) 各ユーザは、携帯電話上のプロフィール作成部を用いて、事前にプロフィールを作成する。具体的には、ユーザがソーシャルネットワークに友人を招待するときにその友人を端的に表す3つの語を管理サーバ上のルーティング制御部に送る。ここで招待とは、ユーザの友人とソーシャルネットワークにおける枝を明示的に設定することであり、その友人とソーシャルネットワーク上で1ホップで通信できるようになる。サーバに送られた語はクエリ伝播機構を介してその友人に送信される。3人以上から同じ語を受け取ったユーザは、その語に関する分野に詳しいと定義され、その語とそのユーザへ向かうパスの情報をルーティング情報として、そのユーザから2ホップ以内のユーザに通知する。
- (2) クエリ発行者は、携帯電話上のクエリ作成フォームを用いて検索キーワードを含むクエリを発行する。クエリは、管理サーバ上のクエリ伝播機構を介してクエリ中継者に送信される。
- (3) クエリ中継者はクエリを閲覧し、友人に伝播するか否かを判定する。伝播するとき、クエリを携帯電話上のルーティング機構に渡す。ルーティング機構は、クエリのキーワードに関するルーティング情報が登録されているか否かを確認する。登録されているときは、クエリの宛先をルーティング情報におけるパス上の最も近いユーザのみとする。登録されていないときは、クエリの宛先をそのユーザの友人全員とする。その後、クエリ中継者はその宛先を指定してサーバ上のルーティング制御部へクエリを送信する。
- (4) ルーティング制御部は、受信したクエリの伝播

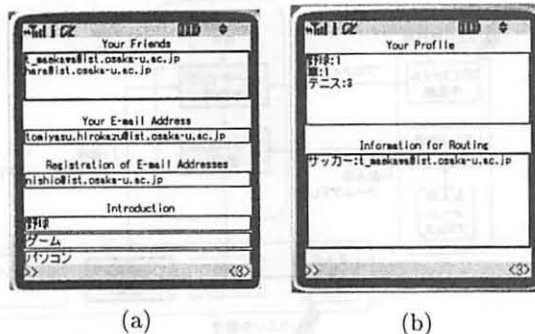


図3 アプリケーションの画面

限定条件を参照する。これは、ルーティング情報により伝播するパスを指定されているクエリが、そのパス以外の経路を伝播しないようにするための条件である。伝播限定条件が設定されているクエリは、指定されているパス上にあるときはその宛先に転送され、そうでないものは転送されない。また、ルーティング制御部は、伝播するパスが指定されているクエリを受信したときは、そのクエリに対して伝播限定条件を設定する。

3.2 アプリケーションの実現

本研究では、先に述べたルーティング機構の動作を確認するために、アプリケーションを実装した。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ルーティング制御部は、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。

図3にアプリケーションの画面を示す。図3(a)は友人をソーシャルネットワークに招待するときの画面である。Your Friendsの項目に友人のメールアドレスが表示されている。Your E-mail Addressにユーザ自身のメールアドレスが表示されている。Registration of E-mail Addressの項目に招待する友人のメールアドレスを入力する。Introductionの3つの項目に友人を端的に表す任意の文字列を入力する。これらを入力して友人を招待すると、文字列が招待した友人に送信される。図3(b)は、プロフィールとルーティング情報を確認する画面である。Your Profileの項目に自身のもつプロフィールが表示されている。文字列の右側の数字がその文字列を送信してきたユーザの数を示している。Information for Routingの項目にルーティング情報が表示されている。文字列の右にあるメールアドレスは、この文字列をキーワードとするクエリを受信したときの次の宛先である。

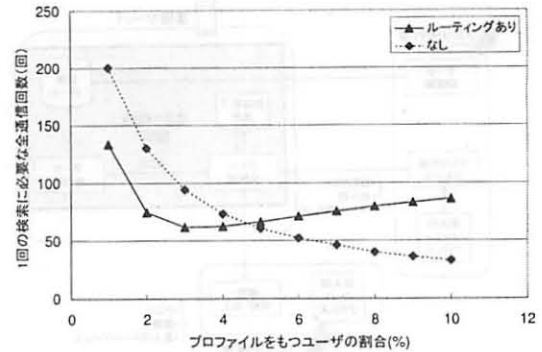


図4 プロフィールをもつユーザの割合と通信回数の関係

4. 評価

本研究では、ネットワークを伝播するメール数を減少させるための問合せルーティング手法を提案した。このルーティング手法がどの程度通信回数を減少させるかを検証するために、シミュレーションによる性能評価を行った。

4.1 評価方法

評価では、本研究で提案したルーティング手法を用いるときと、用いないときの比較を行った。ルーティング手法を用いないときは、ユーザは受信したクエリを、常にそのユーザの友人全員に伝播するものとした。

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。

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

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。それぞれの検索は、検索に適合するユーザを発見したところで終了するものとした。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った。この評価環境では、ネットワーク上で発行されるクエリのうち、ある1つの語に関するクエリについてのみ着目し、その語をプロフィールとしてもつユーザの割合を変化させた。また、シミュレータの実装にはJava言語を用いた。

4.2 評価結果

図4にプロフィールをもつユーザの割合と1回の検索に必要な全通信回数の関係を示す。ここで、提案したルーティング手法を用いるときは、事前にルーティング情報の通知を行う必要があるため、これを検索に要する全通信回数に含めている。図より、プロフィールをもつユーザの割合が4%以下であればルーティン

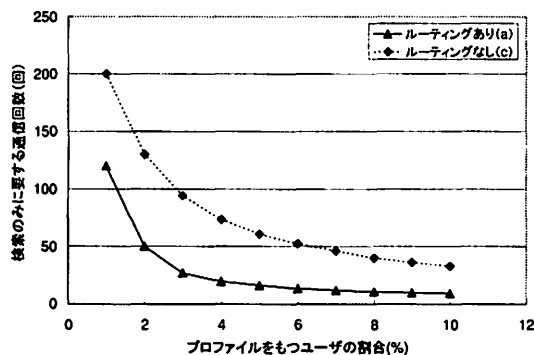


図5 検索のみに要する通信回数

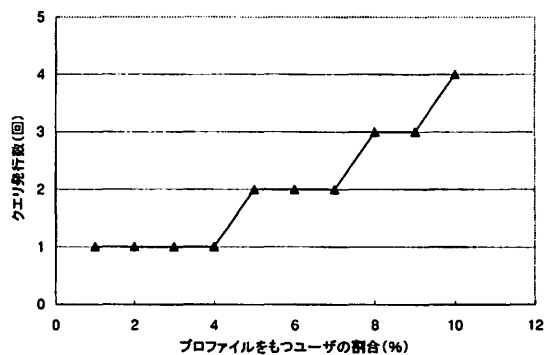


図6 提案方式が有効になるクエリ発行回数

グを行う方が通信回数は少ない。しかし、割合が5%以上になると、ルーティングを行わない方が通信回数が少なくなる。これは、プロフィールをもつユーザの割合が大きくなるほど、ネットワークの近隣ユーザに対してルーティング情報を通知するための通信回数が大きくなるためであると考えられる。例えば、ネットワーク上の全ユーザの内、ある1つの語に詳しいユーザの割合が10%のときのルーティング情報通信回数は76回であり、これは1回の検索が完了するまでに要する全通信回数の88%を占めている。

ここで、同じキーワードをもつクエリが n 回($n \geq 1$)発行されるときを考える。ルーティングを行うときの検索に要する通信回数を a 、ルーティング情報を近隣ユーザに通知するための通信回数を b 、ルーティングを行わないときの検索に要する通信回数を c とする。ルーティングを行うときの検索が完了するまでに発生する全通信回数 $N_{routing}$ 、行わないときの通信回数 $N_{no_routing}$ は、それぞれ以下の式で表される。

$$N_{routing} = an + b \quad (2)$$

$$N_{no_routing} = cn \quad (3)$$

ここで、 $N_{routing} < N_{no_routing}$ を満たす n は、式(2)(3)から次の式で求められる。

$$n > \frac{b}{c-a} \quad (4)$$

また、図5により、プロフィールをもつユーザの割合が10%以下であれば、常に $a < c$ であるため、式(4)の右辺は正となる。この方程式を満たす n に対しては、ルーティング手法を用いたほうが通信回数が少なくなる。図6に、式(4)を満たす最小の n 、つまり、提案方式が有効になる最小のクエリ発行回数を示す。図より、プロフィールをもつユーザの割合が10%以下であれば、提案方式が有効になるクエリ発行回数は4回以下であり、これは十分低い値であると考えられる。

5. まとめ

本稿では、ソーシャルネットワークにおいて、クエリに適合する人や情報を検索する際に、ユーザがもつプロフィール情報を利用した問合せのルーティング手法を提案した。また、この手法の動作を確認するために、管理サーバと携帯電話からなるシステムにルーティング管理部とルーティング機構をそれぞれ実装した。これらをプラットフォームとして実現したため、新しくアプリケーションを作成するときは、最低限のモジュールのみを実装するだけでよい。さらに、シミュレーション評価を行い、ルーティング手法の有効性を示した。今後は、ソーシャルネットワークにおけるコミュニティの構築について検討する予定である。

謝辞 本研究の一部は、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。

参考文献

- 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) T. Repantis, and V. Kalogeraki, "Data Dissemination in Mobile Peer-to-Peer Networks," Proc. of the 6th Int'l. Conf. on Mobile Data Management (MDM 2005), pp. 211-219, May 2005.
- 3) 富安宏和, 前川卓也, 原隆浩, 西尾章治郎: "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ためのアプリケーション", 日本データベース学会 Letters, Vol.4, No.1, Aug. 2005
- 4) H. Tomiyasu, T. Maekawa, T. Hara, and S. Nishio: "Social Network Applications using Cellular Phones with E-mail Function", Proc. of Int'l. Special Workshop on Databases for Next Generation Researchers (SWOD2005), pp. 136-139, Apr. 2005.