

平成 21 年 5 月 13 日現在

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2007～2008

課題番号：19700064

研究課題名（和文） ソーシャルネットワークに基づく P2P システムに関する研究

研究課題名（英文） A Study on P2P System based on Social Network

研究代表者

田頭 茂明（TAGASHIRA SHIGEAKI）

九州大学・システム情報科学研究院・特任准教授

研究者番号：70332806

研究成果の概要： Peer to Peer(P2P)システムにおいて、資源を提供せずに利用だけのユーザの発生を抑止するために、実社会での関係を維持し非匿名型ネットワークであるソーシャルネットワークに着目し、そのようなネットワークを P2P システム上で実現するための必要な要素技術を明らかにした。また、提案した要素技術の有効性・効率性を実機またはシミュレーションにより評価した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007 年度	1,800,000	0	1,800,000
2008 年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	390,000	3,490,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：P2P システム、ミドルウェア、ソーシャルネットワーク

## 1. 研究開始当初の背景

Peer to Peer(P2P)システムが、次世代のコンテンツ配信プラットフォームの中核をなす技術として注目を集めている。P2P システムでは、より多くのユーザが参加することにより、性能の飛躍的な向上が期待できる。しかし、資源を提供せずに利用だけのユーザ（フリーライダー）の増加が原因で、P2P システムが持つ潜在的な性能を十分に発揮できていないのが現状である。実際、P2P システムを応用するファイル共有システムでの調査では、「70%のユーザが資源を提供しておらず、1%のユーザが全体の 50%の要求に

えている」、「システムに 10 時間以上参加するユーザは全体の 4%未満である」といった深刻な状況が指摘されている。同様に、その他の応用領域においても、フリーライダーに起因する問題の深刻化が懸念されていることから、ユーザに資源提供を促す基盤技術の確立は、分野全体の進展および更なる実用化のための重要なステップとして位置付けることができる。

P2P システムに関する従来研究の多くは、すべてのユーザが資源を提供する理想的な環境を想定しており、フリーライダーの問題を考慮していない。一方、フリーライダーに着目する研究として、P2P システム上でのイン

センティブメカニズムに関する研究がある。これらの研究では、ユーザの貢献度（資源提供の度合い）に応じて、利用できる共有資源を適切に配分することにより、資源提供に対するインセンティブをユーザに与えている。申請者も、これまでに P2P システム上のインセンティブメカニズムにおいてキャッシュに着目する研究を行い、その有用性を確認した。しかし、インセンティブメカニズムがとるアプローチは、本来ならば利用できる資源の犠牲の上に成り立つことから、システムが潜在的に持つ性能を効果的に引き出す点に関して本質的に解決できない。

## 2. 研究の目的

本研究課題の目的は、以下の通りである。

(1) インセンティブメカニズムとは異なるアプローチでフリーライダーに対処するために、ソーシャルネットワークに基づく P2P システムのための基盤ソフトウェアを研究／開発すること

(2) 提案したソフトウェアの有効性と効率性を明らかにすること

利己的に振る舞うフリーライダーに対処するために、ソーシャルネットワークに着目する理由は次の通りである。

(1) 非匿名型のネットワークを採用するソーシャルネットワークでは、匿名型のネットワークと比べて、より信頼のあるネットワークが構築されている。すなわち、個人をある程度特定できるようなプライバシー情報をユーザに公開させることで、ネットワーク内での行動の責任をユーザに強く意識させている。これは、ネットワーク内での行動の責任が実社会にも影響するという心理的な圧力から生じるものである。

(2) 既に参加しているユーザから招待されなければ新しく参加できない“招待制度”の導入は、ユーザ間で連帯責任を意識させることから、責任ある行動をより助長することにつながる。P2P システムにおいて、資源を提供せずに利用するだけのフリーライダーの振る舞いは、信頼を損なう行動とみなすことができる。このためユーザの行動に、ある一

定の責任を負わせることは、フリーライダーの発生の抑止につながると考えている。

(3) ソーシャルネットワークでは共通のテーマを持つユーザ同士で有機的なコミュニティが形成されている。このようなコミュニティは、同じテーマを達成するという一体感から、ユーザの自発的な協調を促進して、質の高いサービスの実現につながる。このような相互扶助のユーザ関係の確立は、P2P システムの本質的な部分であり、システム全体の性能の飛躍的な向上につながる。

## 3. 研究の方法

提案システムは、プライバシー情報、アカウント情報、リンク情報、コミュニティなどの各種管理構成機能と、キャッシュ機能などを含めた通信機能から構成される。これらの機能の実現において提案ソフトウェアでは、以下のことに注目して設計する。

(1) Distributed Hash Table(DHT)をベースにして、サーバを必要とせず分散型のスケラブルなアーキテクチャを採用する。

(2) 携帯電話や PDA 等の小型携帯端末を効率的にサポートする。

(3) 柔軟な API を備えるミドルウェアとして実現することで、P2P ファイル共有システム、ストリーミングシステムなどの様々な P2P アプリケーションで利用可能にする。

図 1 に提案システムのソフトウェア構成の概略を示す。主なソフトウェアモジュールとして、ソーシャルネットワークの各種情報管理とキャッシュ機能を実現する SN コアモジュール、アプリケーションへのインタフェースと他のホストとの通信を行う SN メッセージャーモジュール、ユーザとのインタフェースを実現する SN シェルモジュールがある。携帯端末などではネットワークが不安定でありバッテリー容量も制限されることから、SN コアモジュールなしにソフトウェアを構成することが可能である。この場合は、他のホストの SN コアモジュールと通信することで、他のホストと同様のサービスを受けることができる。

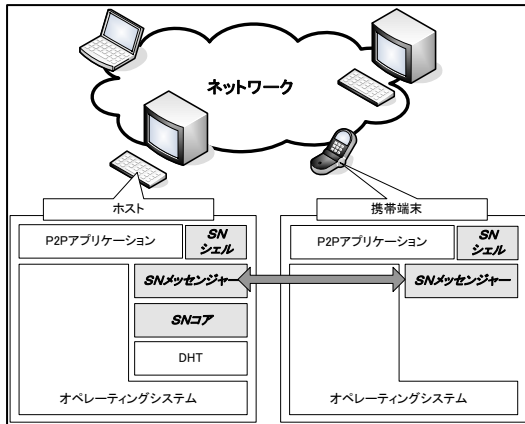


図1 システムの概要

#### 4. 研究成果

本研究課題で得た研究成果は以下の通りである。

(1) 資源を提供しないユーザーに対して、分散システム上のキャッシュ、ルーティング情報や資源の配置情報などのシステム情報の利用制限が、非常に大きなペナルティになることを明らかにした。具体的には、分散環境において通信帯域の割当てやキャッシュが利用できる場合とできない場合とではシステムの性能差は顕著であり、これらの資源を利用できないユーザーに対して、システム利用時におけるレスポンスタイムの増加やスループットの減少といった大きなペナルティとして利用できることが期待できる。図2において、提案する通信帯域割当て方式を利用した場合と利用しなかった場合の同一フローの割当て時間の結果を示す。図中のReferenceは従来手法、SHおよびCCは提案手法を示す。SHやCCでは同じフローを流すのに必要な時間が半分程度で良いことがわかった。

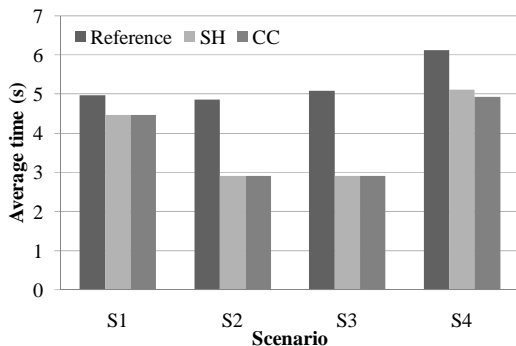


図2 通信帯域割当ての効果

このように、共有資源の取得そのものにペナルティを課すのではなく、共有資源を効率的に利用するための周辺技術に着目し、それら

技術に関してペナルティを課すことで、効果的なインセンティブ手法の確立を考察した。

(2) P2P システムにおける各種情報のマッチメイキングの効率化を実現した。具体的には、P2P ネットワークに散在する各種情報を効率的および効果的に発見する仕組みを提案し、その有効性を示した。特に、ネットワークのコストを抑えながら情報を効率的に発見できるという特徴をもつ。また、各種情報の論理積の検索を分散環境上で効率的に実現する仕組みを開発し、評価を行った。図3は、提案する論理積検索を利用した場合の検索に必要な通信量の比較結果を示している。この図において、normalは従来手法、それ以外は提案手法を示している。結果から、提案手法を用いることにより、論理積検索を従来と比べて50%程度の通信量で実現できることがわかった。この成果により本研究課題における基礎的なP2Pエンジンを確立することができた。

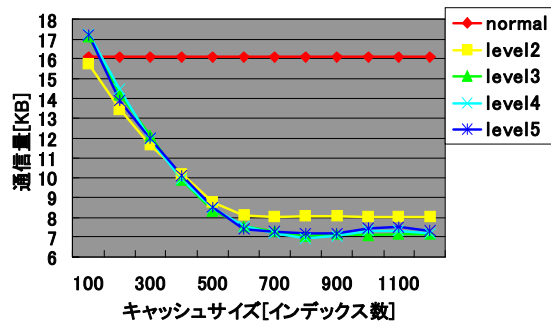


図3 提案情報検索方式の効果

(3) 従来までのP2Pシステムでは物理的な距離を意識してオーバーレイネットワークを構築することは困難であった。そこで、ノードの物理的な距離を考慮しながら、その距離に応じてオーバーレイネットワークを構築する手法を確立し、その手法の有効性を評価した。図4は提案手法を用いた場合のオーバーレイネットワークを構築する物理的リンクのホップ数を示している。この図において、nearestは従来手法、affineは提案手法を表している。結果から、提案手法を用いることにより平均ホップ数の短いオーバーレイネットワークを構築できていることがわかった。具体的には、従来手法と比べてホップ数を最大で約75%削減できた。この成果は、ネットワーク上の物理的な距離だけにとどまらず、ソーシャルネットワーク上のユーザー間の距離などに利用することができ、ソーシャルネットワークを意識した効率的なP2Pネットワークを確立することができる。

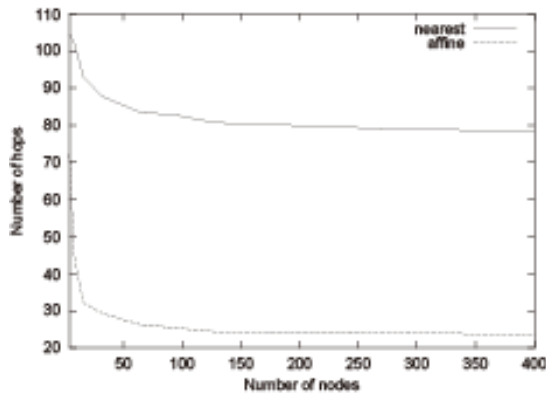


図4 物理的な距離を考慮した提案オーバーレイネットワークシステムの効果

(4) P2P システム上のノードの状態を効率的に監視できる手法を確立した。この手法はノードの変化を効率的に監視することができ、それら変化をイベントとして取り扱うことが可能である。図5は、ノード変化を抽出するために必要なノードの平均負荷を計測した結果である。図中の random は従来手法を、その他は提案手法を表している。結果より、提案手法を用いることで平均負荷を約30%程度削減できることがわかった。この成果によりソーシャルネットワークの変化を効率的に捉えることが可能となり、ソーシャルネットワークのコンテキストを用いた P2P システムを構築することができる。

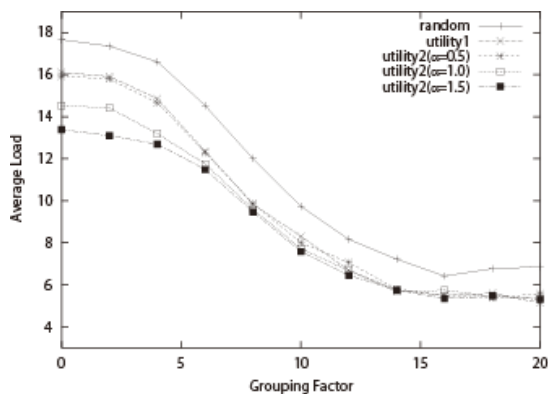


図5 ノード変化の監視オーバーヘッド

#### 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 2 件)

1. S. Tagashira, M. Yamane, S. Fujita, "An Efficient Scheduling Scheme for Assigning Transmission Opportunity in QoS-Guaranteed

Wireless LAN," IEICE Trans. on Fundamentals, 査読有り, Vol. E91-A, No. 7, pp. 1562-1569, 2008.

2. K. Kobatake, S. Tagashira, S. Fujita, "A New Caching Technique to Support Conjunctive Queries in P2P DHT," IEICE Trans. on Information and Systems, 査読有り, Vol. E91-D, No. 4, pp. 1023—1031, 2008.

[学会発表] (計 14 件)

1. A. Ohtsubo, S. Tagashira, S. Fujita, "A Content Addressable Small-World Network," Proc. Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN 2007), pp.194-199, 2007.
2. K. Maruyama, S. Tagashira, S. Fujita, "A P2P Information Monitoring System Supporting Conjunctive Continual Queries," Proc. Parallel and Distributed Computing and Networks (PDCN 2007), pp.355-360, 2007.
3. A. Sugimoto, S. Tagashira, S. Fujita, "A Peer Selection Scheme for P2P Download Systems based on a Matchmaking Method," Proc. Fifth Int'l Workshop on Databases, Information Systems and Peer-to-Peer Computing, 2007.
4. K. Doi, S. Tagashira, S. Fujita, "Proximity-Aware Content Addressable Network Based on Vivaldi Network Coordinate System," Proc. Fifth Int'l Workshop on Databases, Information Systems and Peer-to-Peer Computing, 2007.
5. W. Liu, S. Tagashira, S. Fujita, "SwRED: A Robust Active Queue Management Scheme based on Load Level Prediction," Proc. PDPTA, pp. 336-341, 2007.

#### 6. 研究組織

(1) 研究代表者

田頭 茂明 (TAGASHIRA SHIGEAKI)

研究者番号 : 70332806