OUKA
The University of Osaka
Institutional Knowledge Archive

Title	A Study on Efficient Search Approaches in Unstructured Peer-to-Peer Systems
Author(s)	呉, 棫
Citation	大阪大学, 2009, 博士論文
Version Type	VoR
URL	https://hdl.handle.net/11094/2738
rights	
Note	

The University of Osaka Institutional Knowledge Archive : OUKA

https://ir.library.osaka-u.ac.jp/

The University of Osaka

【６】

氏名	呉（ゴ）　棫（エキ）
博士の専攻分野の名称	博　士（情報科学）
学位記番号	第　２３０４９　号
学位授与年月日	平成21年３月24日
学位授与の要件	学位規則第４条第１項該当 情報科学研究科コンピュータサイエンス専攻
学位論文名	A Study on Efficient Search Approaches in Unstructured Peer-to-Peer Systems （非構造型ピアツーピア探索手法の効率化に関する研究）
論文審査委員	（主査） 教　授　増澤　利光 （副査） 教　授　萩原　兼一　　教　授　楠本　真二　　准教授　角川　裕次

論文内容の要旨

ピアツーピア（P2P）システムはウエブサービスに続き，最も多く使われるインターネットのアプリケーションになりつつある．従来のウエブサービスのようなサーバ・クライアントシステム，つまりサーバがすべてのサービスをユーザに提供するシステムと違い，P2Pシステムではユーザ同士が互いにサービスを提供する．そのため，資源探索問題，つまり目的サービス資源を持つピアを探し出す問題はP2Pシステムの設計の基本問題である．非構造型の探索手法は主にフラッディング或いはランダムウォーク技術に基づいた確率的な探索手法である．このような手法は柔軟性，故障耐性が高いため，多くのP2Pアプリケーションに採用されている．しかし，フラディングやランダムウォークに基づいた探索手法は目的資源を探すため多くの探索クエリーを散布する必要があるため，探索効率が低いという問題点がある．

本学位論文は非構造型P2P探索手法に注目し，その効率化を目的とする．非構造型P2Pシステムの探索効率は実際の探索過程以外に，ネットワークの構造及びシステム全体の負荷分配戦略にも大きく影響される．本論文は三つの部分，P2Pネットワークの構築問題，負荷分配戦略及び探索過程の最適化問題より構成される．まず、本論文の第3章では，ピアの入次数が制御可能なオーバーレイネットワーク構築手法を提案する．提案手法により，各ピアの入次数がその能力に比例するネットワークを構築できる．このようなネットワークに基づき、様々な分散な負荷分配戦略の実現は可能と考えられる．提案手法は期待の次数分布を持ち，高い連結性及びコンパクトな構造を有するネットワークを構築できることをシミュレーション実験より示す．次に、本論文の第４章は最適負荷分配戦略を提案する．提案手法は能力の高いピアの処理能力を最大限に利用し，システムお探索効率を最大化する．更に，第３章で提案されたネットワーク構築手法を利用し，集中制御を用いない，完全分散制御による最適化プロトコルを提案する．提案手法は既存研究より高い探索性能を持つこと及びシステムの全体探索負荷の変化に対する自己適応力をシミュレーションで示す．最後に、本論文の第５章は探索過程の通信コストの削減手法を提案する。非構造型の探索アルゴリズムの通信コストを削減する手法として，探索対象となる資源のインデックス（位置情報）を予めに散布する手法の有効性は知られている．５章はシステム全体コストの最小化を目的とし，実際のP2Pシステム環境を考慮した最適なインデックス散布手法の提案を行う．ここで，実際のP2Pシステム

環境は以下の特徴を指す：(1)各資源の探索頻度は大きく異なり，その最適なインデックス散布数も異なる．(2)ピアは頻繁に参加，離脱する．ピア離脱によるインデックスの損失が発生する．特徴１に対して，任意の資源の最適なインデックス散布数はその資源を探すために必要のクエリー散布数の数期待値である法則“Equal Rule”を示す．特徴2に対して，ピアの離脱によるインデックス損失の影響を最小限に抑える散布法則“Stream Method”，つまり，各単位時間になるべく同じ量のインデックスを散布する手法を提案し，その最適性を証明する．また，その二つの法則を近似的に実現する分散アルゴリズムを提案し，シミュレーションによってその高い近似率及びシステム環境の変化に対する自己適応力を示す．

論文審査の結果の要旨

本論文はピアツーピア（P2P）システムにおける資源探索問題を扱っている。本研究では既存P2Pシステムの応用環境の特徴に注目し、非構造型探索手法の効率化を行った。その主要な研究成果を要約すると以下の通りである。

論文の第三章では、非構造型P2Pシステムの基盤であるオーバーレイネットワークの構築問題を扱っている。提案手法は、高い連結性及びコンパクトな構造を有するネットワークを構築でき、さらに各端末ピアの次数を正確に制御する機能を有する。既存研究より優れた性能及び実用性を有することをシミュレーション実験により示した。

論文の第四章及び第五章は、実際のP2Pシステムの異種環境の特徴に基づき、探索手法の効率化を行う。第四章では、各ピアの処理能力の差に着目し、ピアの能力に基づいた負荷分配問題を扱っている。その研究成果として、一定通信負荷での探索成功率を最大化する最適化負荷分配手法を提案した。第五章では、各資源の人気度の差に着目し、資源の人気度に基づいたインデックス（資源の位置情報）散布問題を扱っている。その研究成果として、探索成功するまでの総和通信コスト、つまりインデックス散布コストと探索コストの和、を最小化する最適なインデックス散布手法を提案した。また、第三章より提案したネットワーク構築手法を利用し、上記二つの最適化手法を完全に分散的方式で実現した。提案手法の最適性及びP2P応用環境に対する適応性を理論的な解析及びシミュレーション実験により証明した。さらに、一つのシステムに上記の二つの手法を同時に適用することにより、さらなる効率化を実現できることを示した。

以上の研究成果は、P2P技術の実用化及び正規化に多大な貢献をするものである。よって、博士（情報科学）の学位論文として価値のあるものと認める。