

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成 24 年 5 月 26 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21500044

研究課題名（和文）プロアクティブ型マイクロストレージネットワークの構成法に関する研究

研究課題名（英文）Study on Design and Implementation of Proactive Micro Storage Network

研究代表者

大久保 英嗣（OKUBO EIJI）

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：60127058

研究成果の概要（和文）：

マイクロストレージネットワークをセンサネットワークと融合・連携させることによって、スケーラビリティを持つセンシングシステムを構築するための手法を開発した。複数のマイクロストレージによりセンシングデータを分散管理することで、システムの柔軟性や耐故障性を実現した。また、データ取得時の応答性向上のため、事前に必要なデータを他のストレージに転送するプロアクティブなデータ配信手法を開発した。

研究成果の概要（英文）：

A technique for building scalable sensing systems by integration and coordination of micro storage networks and sensor networks was developed. The distributed management of sensing data among a number of micro storages realizes flexibility and fault tolerance of the sensing systems. The proactive data delivery method transfers the required data to other storages in advance for improving responsiveness of data acquisition.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009 年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2010 年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011 年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

研究分野：計算機科学

科研費の分科・細目：情報学・ソフトウェア

キーワード：マイクロストレージ・センサネットワーク・データベース

1. 研究開始当初の背景

センサネットワークシステムは、環境観測・農業用観測・防災用観測・工場での監視と制御など、現場での利用が始まりつつある。従来の研究は、主に単一センサネットワーク内でのルーティング手法や省電力手法などを主要な対象としてきたが、実際に現場での利用を進めるためには、複数のセンサネットワークを連携させ、より広範囲の観測を可能にするための枠組みが重要となってきた。

一方、複数のセンサネットワークをインターネットで接続し、「センサインターネット」を構築するためのミドルウェアがいくつか提案されているが、これらの研究では、主にセンサネットワークを仮想センサとみなし統一的に扱う手法について議論しており、分散ストレージシステムという観点におけるスケーラビリティや負荷分散に関する検討が不十分である。

本研究では、位置透過かつリアルタイムに

センシングデータの検索・配信機能を提供するマイクロストレージに基づくセンサネットワークシステムの設計開発を行う。これまでの研究とは異なり、複数のセンサネットワークが連携し、広域のセンシングデータを適時かつ安定的に各種アプリケーションに供給する新しいセンシングシステムに関して、データストレージを基本とした連携ネットワークによる具体的なシステム構成法を明らかにする。このような観点からの研究は、他にはあまり進められておらず、複数のセンサネットワークから構成されるシステムを実用化する上で重要な課題であるといえる。

2. 研究の目的

本研究では、マイクロストレージネットワークをセンサネットワークと融合・連携させることによって、センサノードの台数によらないスケラビリティを持つセンシングシステムの構築を可能にするための手法を開発することを目的としている。各々のマイクロストレージは、無線通信機能を持つ小型計算機によって構成され、自律的に動作することによって P2P (Peer to Peer) ネットワークを形成する。具体的には、複数のマイクロストレージによってセンシングデータを分散管理することにより、システムの柔軟性や耐故障性を実現する。また、リアルタイム性の高い検索・配信機能を実現するために、事前に必要なデータを他のマイクロストレージに転送するプロアクティブなデータ配信手法を開発する。これにより、各種アプリケーション及び利用者は、データが保存されているマイクロストレージの位置を意識することなく、効率のよいデータの検索・配信を行うことが可能となる。

3. 研究の方法

P2P ネットワークを構成するマイクロストレージネットワーク上で、各種データのプロアクティブなデータ配信・検索機能を設計し、さらに実装・評価を行う。具体的には、以下の項目を中心に検討を進める。

- ・プロアクティブデータの配信・検索機能を実現するためのメタデータの設計とデータ特性の定義
- ・上記に基づくメタデータ配送アルゴリズムの検討と実現
- ・リレーショナルデータの重要度に基づく耐故障性を実現するための P2P ネットワーク上のレプリケーション機構
- ・他方式との比較に基づく提案システムの有効性の検証と評価

4. 研究成果

平成 21 年度は、プロアクティブデータ配信・検索機構と、P2P レプリケーション機構

の 2 点それぞれについて基本的なデータ構造とアルゴリズムの設計を行い、シミュレータ上で評価を行った。プロアクティブデータ配信・検索機構に関しては、メタデータの設計、データ特性の定義、メタデータの配送アルゴリズムに関して設計を行い、ネットワークシミュレータ上で評価を行った。P2P レプリケーション機構に関しては、データの重要度に基づくレプリケーション対象データの選択アルゴリズムの設計と、同時故障確率に基づくレプリケーション先マイクロストレージ選択アルゴリズムの設計を行った。

平成 22 年度は、前年度のプロアクティブデータ配信・検索機構と、P2P レプリケーション機構のシミュレーションによる初期的な動作検証に引き続いて、実装に入る前の最終的なシミュレーションを行いアルゴリズムの再検討を行った。特に、外部アプリケーションからの問い合わせパターンについて詳細な分析と分類を行い、問い合わせ対象となるマイクロストレージが固定されている場合と動的に変化する場合それぞれについて、利用される可能性が高いプロアクティブデータを予測するためのアルゴリズムを具体的に定めた。また、この予測動作は、過去に発行された問い合わせの履歴データを用いて行われるが、この履歴データの管理方法および処理方法についても具体的に定めた。

平成 23 年度は、前年度に引き続いて、プロアクティブデータ管理機構の全体設計を見直した上で実装を進め、実機による実験とシミュレーションとの組み合わせによる性能評価を中心に行った。本管理機構は、どのようなデータがこれから要求されるかを予測するプロアクティブデータ予測部、予測したデータの配置位置を決定する配置部、予測したデータを所定の位置に転送し、またそのデータの検索を実現する転送・検索部の三つの部分から構成される。評価実験の結果、標準的なシナリオの元で提案した機構はデータの問い合わせに対する応答性を向上させることが可能であることを確認した。また機構全体が正しく連携して動作し、システムとして実現可能であることを確認した。

以下に、主要な研究成果の概要をまとめる。

(1) MANET 上における効率的な P2P ネットワークの構築手法の開発

本研究で用いるマイクロストレージネットワークの基礎技術に関する研究・開発を行った。一般に広く知られる P2P ネットワークはインターネットのような広域にわたる有線ネットワークを中心としたネットワーク上に構築されるオーバーレイネットワークであるが、本研究におけるマイクロストレージネットワークは、無線 LAN アドホックネット

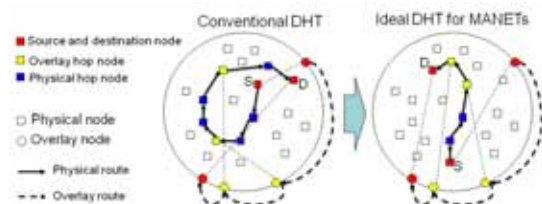


図 1 従来の DHT と MANET 向け DHT

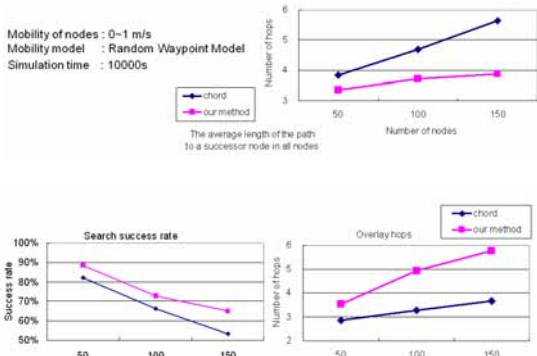


図 2 性能評価結果

ワーク (MANET) という比較的限定された範囲内で構築される無線ネットワーク上に構成するオーバーレイネットワークである。したがって、従来の P2P ネットワーク構築手法をそのまま用いると動作効率が悪くなるという問題があり、これを解決するために物理ネットワークトポロジに関する情報を用いて分散ハッシュテーブル (DHT) を構成する手法を提案し (図 1)、従来手法と比較することによってその有用性を確認した (図 2)。

(2) センシングデータの分散管理におけるプロアクティブデータ予測手法の開発

MANET 上に構築した P2P に基づくマイクロストレージネットワークによってセンシングデータを分散管理する際に重要となる点は、このシステムを利用するアプリケーションから見て、データ取得時に十分高い応答性を提供することである。MANET においては複数の計算機を経由して通信するマルチホップ通信を用いるが、ネットワーク規模が大きくなった場合、マルチホップ通信におけるホップ数が増加し、データ取得要求に対する応答性が低下することが懸念される。そこで、事前に予想される問い合わせ結果を問い合わせ発行元に近いマイクロストレージにあらかじめ転送しておくことによって、応答時に必要なホップ数を減少させる手法を提案した。本手法は必要なデータの予測 (図 3)、予測したデータの配置位置の決定、アプリケーションからの要求に対応したデータの検索 (図 4) と転送、という機能要素から構成される。

本手法では、データの予測精度がシステムの有用性を決める上で最も重要な点となる。ここでは、問い合わせのタイプを大きく 2 種類に分類できることを明らかにし、それぞれ

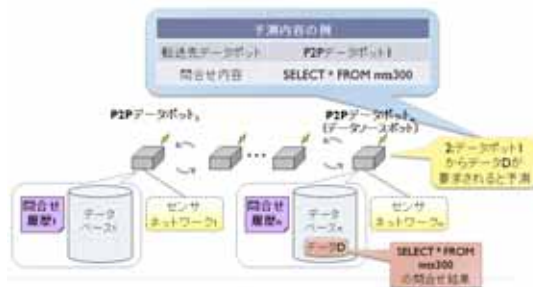


図 3 データの予測

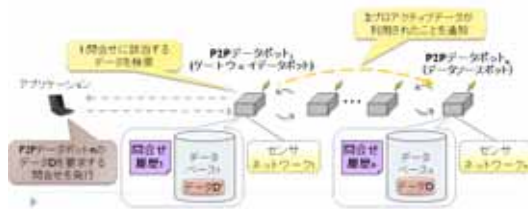


図 4 データの検索

の問い合わせに対応したデータ予測を行うためのアルゴリズムを設計した。

(3) プロアクティブデータ配置・検索機構の性能評価

これまでに開発を進めてきたプロアクティブデータ管理機構の性能評価を行った。規模の大きな分散システムの性能評価を実機で行うことは困難なため、ここではプロセスベースの離散イベントシミュレーションを実現するソフトウェアシステムを利用し、問い合わせに要する処理時間と通信に要するホップスを計測した。シミュレーションで用いる基礎的なパラメータはシステムを実機実装したもから計測したものを利用した。評価では図 5 のような山間部における環境観測システムを想定し、仮想的なマイクロストレージネットワークを構築し、その上で評価を行った。評価の結果、提案手法が有効に動作するための条件として、予想されたデータ (プロアクティブデータ) の配置密度を 20%以下にすることで応答性の減少が確認できることが明らかになった。また、典型的なアプリケーションにおいてはプロアクティブデータの配置には局所性が見られるが、このよ



図 5 シミュレーション想定環境

うな条件下では応答時間を平均で 65%程度短縮できることが確認された。

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5件)

著者名: 横田裕介、大久保英嗣、論文標題: センサネットワークにおける高精度測位のためのピーコンノード選択手法、雑誌名: 情報処理学会論文誌コンピューティングシステム(ACS)、査読: 有、巻: 4(2)、発行年: 2011、ページ: 114-125

著者名: Yokota, Y., Ibe, K., and Okubo, E., 論文標題: A Sensor Data Management System with a Proactive Distribution Mechanism, 雑誌名: 2010 International Workshop on Ubiquitous Service Platforms (IWUSP 2010), 査読: 有, 発行年: 2010、ページ: 13-18

著者名: Takahiro Hamachiyo, Yusuke Yokota, and Eiji Okubo, 論文標題: A Cooperative Power-Saving Technique using DVS and DMS based on Load Prediction in Sensor Networks, 雑誌名: The Fourth International Conference on Sensor Technologies and Applications, 査読: 有, 発行年: 2010, ページ: 7-12

著者名: 徳永雄一、横田裕介、大久保英嗣、論文標題: 無線センサネットワークの時刻同期と位置同定の統合化手法、雑誌名: 電子情報通信学会論文誌 B、査読: 有、巻: J93-B、発行年: 2010、ページ: 11-22

著者名: Yuuta Nishihara, Yusuke Yokota, and Eiji Okubo, 論文表題: A Technique for Construction of Overlay Networks for MANETs with Consideration of Physical Network Topologies, 雑誌名: 2009 First International Conference on Advances in P2P Systems, 査読: 有, 発行年: 2009, ページ: 66-71

[学会発表](計13件)

発表者名: 大西潤也、発表標題: 無線センサネットワークを用いた災害モニタリングシステムにおける公平性を考慮した通信手法、学会名等: 情報処理学会 モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会 第 61 回研究発表会、発表年月日: 2012 年 3 月 12 日(月)、発表場所: 情報通信研究機構(NICT)本部(東京都市)
発表者名: 井邊研吾、発表標題: センサデータ分散管理システムにおけるプロアクティブデータ配置・検索機構の性能評

価、学会名等: 電子情報通信学会 ユビキタス・センサネットワーク研究会 第 20 回研究会、発表年月日: 2012 年 1 月 20 日(金)、発表場所: 戸田家(三重県)

発表者名: 井邊研吾、発表標題: センシングデータの分散管理におけるプロアクティブデータ予測手法、学会名等: 情報処理学会モバイルコンピューティングとユビキタス通信研究会第 57 回研究発表会、発表年月日: 2011 年 3 月 7 日、発表場所: 東邦大学 習志野キャンパス 理学部 5 号館(千葉県)

発表者名: 西原雄太、発表標題: MANET 環境における DHT を用いたデータベースの問合せ処理、学会名等: 電子情報通信学会アドホックネットワーク研究会、発表年月日: 2010 年 1 月 22 日発表場所: アクトシティ浜松(静岡県)

発表者名: 濱千代貴大、発表標題: WMSNs における消費電力と QoS を考慮したハイブリッド型 MAC プロトコル、学会名等: 電子情報通信学会ユビキタス・センサネットワーク研究会、発表年月日: 2010 年 1 月 22 日発表場所: アクトシティ浜松(静岡県)

発表者名: 藤原秋司、発表標題: 異種センサネットワーク混在環境下におけるマルチユーザを考慮した問い合わせの最適化手法、学会名等: 電子情報通信学会ユビキタス・センサネットワーク研究会、発表年月日: 2010 年 1 月 22 日発表場所: アクトシティ浜松(静岡県)

6. 研究組織

(1) 研究代表者

大久保 英嗣 (OKUBO EIJI)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号: 60127058

(2) 研究分担者

横田 裕介 (YOKOTA YUSUKE)

立命館大学・情報理工学部・准教授

研究者番号: 70303881