

**科学研究費助成事業 研究成果報告書**

平成 30 年 6 月 21 日現在

機関番号：22604

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2014～2017

課題番号：26420363

研究課題名(和文) M2Mデータ管理のためのDHTを用いた多階層仮想化ネットワーク

研究課題名(英文) Multi-tier virtualization network using DHT for M2M data management

研究代表者

朝香 卓也 (ASAKA, TAKUYA)

首都大学東京・システムデザイン学部・教授

研究者番号：30346043

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円

研究成果の概要(和文)：各種センサデータ等のM2Mビッグデータを効率的に管理運用する技術は将来の生活やビジネスを支える基盤技術と期待されている。しかしながら、逐次的に測定・生成される大量のセンサデータ群をデータセンタ等で一元的に収集・管理する方法は、利用されることのないデータも収集・管理することとなり、効率的ではない。そこで、本研究では、各センサノードにおいて測定データを分散管理し、必要に応じてセンサノードからデータを取得することを可能とする「多階層DHT仮想化ネットワークを用いたセンサデータ分散管理手法」の創出した。これにより、大量のセンサデータを効率的に蓄積、検索することを実現する。

研究成果の概要(英文)：Technology that efficiently manages and manages M2M big data such as various sensor data is expected to be a fundamental technology supporting future living and business. However, the method of centrally collecting and managing a large amount of sensor data groups that are sequentially measured/generated by a data center or the like collects and manages data that is not used, which is not efficient. Therefore, in this research, "sensor data distribution management method using multi-tiered DHT virtualization network" which enables distributed management of measurement data at each sensor node and acquisition of data from sensor nodes as needed Created. This realizes efficient accumulation and retrieval of large amounts of sensor data.

研究分野：情報ネットワーク

キーワード：センサノード P2P 仮想化ネットワーク 多階層

1. 研究開始当初の背景

各種センサデータ等の M2M ビッグデータを効率的に管理運用する技術は将来の生活やビジネスを支える基盤技術と期待されている。しかしながら、逐次的に測定・生成される大量のセンサデータ群をデータセンタ等で一元的に収集・管理する方法は、利用されることのないデータも収集・管理することとなり、ネットワークやサーバリソースの観点からは効率的ではない。

また、センサネットワークを構成するセンサノードの数は数億に及ぶ場合があり、ネットワーク全体に流れるトラフィック量はそれに比例して膨大になることから、トラフィック量を適切に抑制することが必要となる。

2. 研究の目的

本研究では、各センサノードにおいて測定データを分散管理し、必要に応じてセンサノードからデータを取得することを可能とする「多階層 DHT 仮想化ネットワークを用いたセンサデータ分散管理手法」を創出する。

3. 研究の方法

各階層ごとに異なる属性のセンサデータを分散配置し、各階層を DHT を用いて構成、各階層間も P2P 技術を用いて連結する。これにより、大量のセンサデータを効率的に蓄積・検索することを実現する。さらに、本研究では、提案手法をシミュレーションでの提案方式の特性を検証するため、提案管理技術を実際のセンサネットワーク上にプロトタイプ実装し、性能評価を行う。実際のネットワークを用いての性能検証より、提案方式の有効性を確認する。

4. 研究成果

「多階層 DHT 仮想化ネットワークを用いたセンサデータ分散管理手法」を創出し、またプロトタイプ実装し、性能評価を行った。センサネットワーク上に P2P オーバレイネットワークを構築し、ネットワーク上のノードがシンクの役割を果たすことで負荷の課題の解決を図る。Distributed Hash Table(DHT)の代表的なアルゴリズムの一つである Kademia を用いて、測定データの更新によるメッセージと探索におけるクエリメッセージによる、特定のノードへの過度な負荷集中を避けることを目的とした「Kademia Overlay Sensor Network(KOSNet)」の提案を行った。

KOSNet のネットワークトポロジーは 2 分木の木構造とし、木構造の根にあたるノードを root node、それ以外のノードを ordinary node と定義する。KOSNet の概要図を図 1 に示す。root node は子ノードのデータを収集・集中管理する役割を持つ。root node の数は各ノードの負荷に応じて自律的に増減し、それぞれの root node は DHT のアルゴリズム Kademia より管理され、

複数の木構造がリング状に接続されているネットワーク構造となる。データの登録・探索は指数分布にしたがって発生するものとし、単位時間あたりのデータ登録・探索による受信メッセージ数をカウントして、周期的に負荷分散処理、負荷集約処理を実行する。経路表更新処理はデータの登録・探索時に発生したメッセージを受け取った際に、メッセージ受信ノードが実行する。

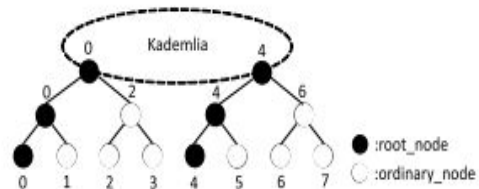


図 1 KOSNet の概要図

提案方式の有効性をシミュレーションによって評価を行った。シミュレーション上ではノードの移動・離脱の動作は考慮しないものとする。500×500 のエリアにノードを配置し、各ノードは 1 unit time ごとに指数分布に従って測定データの観測と、データの探索が発生するものとする。負荷分散処理は 10 unit time ごとに、各 root node の単位時間当たりの平均負荷が上限閾値 Threup を超えると実行される。同様に負荷集約処理は 10 unit time ごとに、各 root node の単位時間当たりの平均負荷が下限閾値 Thredown を下回ると実行される。負荷分散処理と負荷集約処理が十分な回数行われ、ネットワーク内の root node の数の増減が少なくなった状態をネットワーク安定状態と定義する。ノード負荷の定義は、データ登録メッセージ、クエリメッセージそれぞれ 1 メッセージ受信するたびにメッセージ受信ノードの負荷を+1 とした。

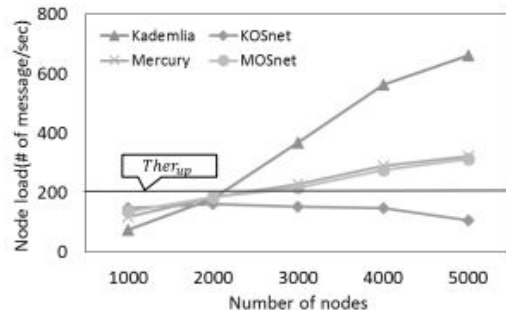


図 4 ノードの最悪負荷推移

評価結果の例を図 4 に示す。図 4 はネットワーク安定状態時の単位時間当たりの最悪負荷推移の結果を示す。結果より、KOSNet はノード数に関係なく最悪負荷を上限閾値

Therup に抑制できたことが分かる。ノード数 5000 の時に最悪負荷が上限閾値を超えなかったのは KOSnet のみであった。

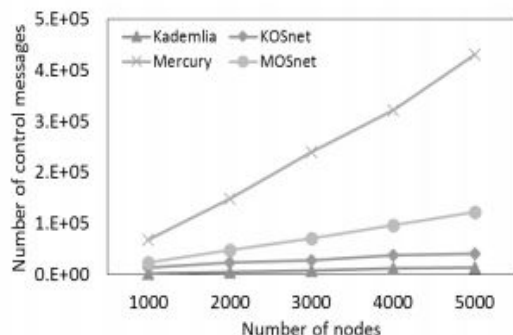


図5 単位時間当たりの総メッセージ数推移

図5にネットワーク安定状態時の単位時間当たりの総メッセージ数推移の結果を示す。結果より、最もメッセージ数が少なかったのは Kademlia であるという結果となった。今回のシミュレーションではノードの離脱を考慮していないため、ネットワーク安定状態の Kademlia では各ノードの k-buckets に対して新規ノードの追加はほとんど行われない。よって、k-buckets 更新によるコストが KOSnet よりも少なくなる。

本研究ではセンサネットワークに P2P オーパレイネットワークを適用するにあたり、測定データの更新によるメッセージと探索におけるクエリメッセージによる特定のノードへの過度な負荷集中を避けるため、DHT のアルゴリズムである Kademlia を利用した Kademlia Overlay Sensor Network(KOSNet) の提案を行った。

Kademlia, Mercury, MOSnet との比較評価を行い、シミュレーション結果より、ネットワーク内の最悪負荷の削減、並びに総メッセージ数の削減が確認できたことから KOSnet の有用性が確認できた。ノードの離脱を考慮したネットワークの接続安定率の検証、KOSnet の負荷分散の限界値の定義、オーパレイだけでなく物理ネットワーク上での評価、そしてより実環境に近い状況を想定したシミュレーション評価などが課題として挙げられる。

## 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)

1.大西裕, 朝香卓也, "広域測定データ収集のための DTN を用いた参加型センシング," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J101-B, No. 7, pp. -, Jul. 2018. (査読有) (採録決定)

2.Taku Yamazaki, Ryo Yamamoto, Takumi Miyoshi, Takuya Asaka, and Yoshiaki Tanaka, "Opportunistic Routing Using Prioritized Forwarders with Retransmission Control," International Journal of Image Processing & Communications, Vol. 21, No.1, 2017. (査読有)

3.Shintaro Manome and Takuya Asaka, "Dynamic Ant Colony Optimization for Routing in Mobile Content Oriented Networks," IEICE Transactions on Communications, Vol.E100-B, No.2, pp.304-312, 2017. (査読有)

4.Taku Yamazaki, Ryo Yamamoto, Takumi Miyoshi, Takuya Asaka, and Yoshiaki Tanaka, "PRIOR: Prioritized Forwarding for Opportunistic Routing," IEICE Transactions on Communications, Vol.E100-B, No.1, pp.28-41, 2017. (査読有)

5.高見文隆, 田嶋翔太, 朝香卓也, 高橋達郎, 新熊亮一, "DTN における輻輳状態を考慮したデータ交換方式," 電子情報通信学会論文誌, Vol. J99-B No.6, pp. 387-407, June 2016. (査読有)

[学会発表](計6件)

1.Hiro Onishi, Ryuta Mogi, and Takuya Asaka, "Data Collection Method using Data Collection with DTN in Participatory Sensing and Data Interpolation", 10th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON2017), November 2017. (査読有)

2.Taichiro Nakayama and Takuya Asaka, "Peer-to-Peer Bidirectional Streaming Using Mobile Edge Computing", 10th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON2017), November 2017. (査読有)

3.Hiro Onishi and Takuya Asaka, "Performance Evaluation of Participatory Sensing Scheme using Delay Tolerant Networking", 9th International Workshop on Autonomous Self-Organizing Networks (ASON2016), December 2016. (Best Paper Award) (査読有)

4.Taku Yamazaki, Ryo Yamamoto, Takumi Miyoshi, Takuya Asaka, and Yoshiaki Tanaka, "Forwarding Mechanism Using Prioritized Forwarders for Opportunistic Routing," 18th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS2016), Kanazawa, Japan, TS8-1, October 2016. (査

読有)

5.Hiro Onishi and Takuya Asaka, "Efficient Data Collection for Participatory Sensing using Smartphones," 18th Asia-Pacific Network Operations and Management Symposium (APNOMS2016), Kanazawa, Japan, P1-27, October 2016. (査読有)

6.Taku Yamazaki, Ryo Yamamoto, Takumi Miyoshi, Takuya Asaka, and Yoshiaki Tanaka, "Opportunistic Routing Using Prioritized Forwarders with Retransmission Control," IEICE Information and Communication Technology Forum 2016 (ICTF2016), Patras, Greece, July 2016. (査読有)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
出願年月日：  
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：  
発明者：  
権利者：  
種類：  
番号：  
取得年月日：  
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ等

#### 6. 研究組織

##### (1)研究代表者

朝香 卓也 (ASAKA, Takuya)  
首都大学東京・システムデザイン学部・教授  
研究者番号：30346043

##### (2)研究分担者

高橋 達郎 (TAKAHASHI, Tatsuro)  
京都大学・大学院情報学研究科・教授  
研究者番号：30324677

##### (3)連携研究者

( )

研究者番号：

#### (4)研究協力者

( )