

平成 22 年 6 月 15 日現在

研究種目：若手研究（B）
研究期間：2008～2009
課題番号：20700060
研究課題名（和文） センサネットワークへの可動ノード導入による寿命延長及び実デバイスを用いた評価
研究課題名（英文） Extending lifetime of sensor network by introducing mobile nodes and its evaluation using real devices
研究代表者
柴田 直樹（SHIBATA NAOKI）
滋賀大学・経済学部・准教授
研究者番号：40335477

研究成果の概要（和文）：本研究では、多数のセンサノードが散布されたデータ収集型無線センサネットワーク(WSN)において、必要最小限のノードを稼働させ、残りをスリープさせることで、WSNの k 重被覆時間を最大化する手法を提案した。本手法を実現するため、 k 重被覆時間を最大化する、各時刻のノードの動作モード（センシングやスリープなど）およびマルチホップ通信経路を決定する問題を定式化した。本問題は典型的な組み合わせ最適化問題であり、短時間で最適解を算出するのは困難である。そのため、時間を多期間に区切り、一期間にわたって維持される最適な動作モードとデータ収集経路を繰り返し決定していくヒューリスティックアルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムとして、 k 重被覆への貢献度合順に稼働させるノードを選んでいく方法と、フィールドを1重被覆するノードの集合（レイヤ）を複数求め、 k 個の稼働レイヤを選択する耐故障性が高い方法を提案した。提案手法における各部位の k 重被覆時間延長に対する効果を評価するために、提案アルゴリズムおよびその一部を無効化したアルゴリズムの比較実験をシミュレーションにより行った。その結果、 k の値やノード数にかかわらず、提案手法は、各比較手法よりも k 重被覆時間が約1.1倍から1.7倍長いことが確認できた。

研究成果の概要（英文）：In this study, we proposed a method for maximizing the lifetime of a wireless sensor network which k -covers the target field, by making minimum number of nodes operate and putting other nodes in sleep. For this objective, we first formulated the problem to decide the operating mode for each sensor node and the multi-hop communication route at each time to maximize the k -coverage time. This problem is a typical combinatorial optimization problem, and thus it is hard to find the optimal solution for practical time. So, we proposed a method which periodically finds the solution for each of shorter time periods, which are made by subdividing the entire time period. We proposed two methods; the first one is to choose active nodes in order of their contribution degree to the field k -coverage, and the second one is to find layers that each of them 1-covers the field, and choose k active layers for k -coverage. The second method is considered to be more fault-tolerant. In order to evaluate the effectiveness of our algorithms in terms of k -coverage time, we compared our methods with methods in which some of the proposed features are disabled. Through simulation-based comparison, we confirmed that the proposed methods achieve 1.1 to 1.7 times longer lifetime regardless of k and the number of nodes, than the other methods.

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,900,000	570,000	2,470,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,300,000	990,000	4,290,000

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：ネットワークプロトコル、センサネットワーク、寿命延長、ワイヤレスセンサネットワーク、可動ノード、水中センサネットワーク

1. 研究開始当初の背景

多数の、電池駆動の小型センサノードを、航空機から散布したりするなどして設置し、これらの中でマルチホップ無線ネットワークを構築し、温度や湿度、気圧などの環境変化を測定するワイヤレスセンサネットワーク(以下 WSN)の研究が盛んに行われている。WSN は、環境モニタリングの他に在庫管理や医療モニタリング、スマートスペースの構築等に用いられている。WSN のノードは電池駆動であり、一度設置すると、自ら能動的に動くことはない。また、基本的にマルチホップ通信によりセンサノード同士が情報の交換を行うため、一部のノードが、電池の消耗により利用不能になると、他のノードの機能も利用不能になることがある。

2. 研究の目的

本研究の目的は、以下の二点である。1. ワイヤレスセンサネットワークのセンシング領域およびセンシング時間を、可動センサノードを導入することで改善する方法を確立すること 2. 前述の手法およびその他の無線ネットワークの評価のための、実デバイスを用いた評価を可能にするためのテストベッドを構築すること。前述のように、電池の消耗により利用不能になると、他のノードの機能も利用不能になることがあり、これにより、多数のノードに電池残量の余裕がある場合でも、ネットワーク機能の麻痺が起こる場合がある。こういった問題に対処するために、ルーティング・省電力化方式について研究する必要がある。

3. 研究の方法

本研究では、多数の静止ノードに、少数の自律移動可能なノードを加えることにより、ネ

ットワーク機能を修復し、センシング領域およびセンシング時間の期待値の最大化を行う手法の構築を目的とする。この際、各ノードの電池残量および故障確率を考慮し、故障が発生した場合でもできるだけ早く修復し、ネットワークのダウンタイムを最小化することを目指す。これら及び可動ノードの移動コスト等を複合的に扱うための目的関数を設定し、これを最大化するアルゴリズムを構築する。本研究では、多数の静止ノードに、少数の自律移動可能なノードを加えることにより、ネットワーク機能を修復し、センシング領域およびセンシング時間の期待値の最大化を行う手法の構築を目的とする。この際、各ノードの電池残量および故障確率を考慮し、故障が発生した場合でもできるだけ早く修復し、ネットワークのダウンタイムを最小化することを目指す。これら及び可動ノードの移動コスト等を複合的に扱うための目的関数を設定し、これを最大化するアルゴリズムを構築する。

4. 研究成果

多数のセンサノードが散布されたデータ収集型無線センサネットワーク(WSN)において、必要最小限のノードを稼働させ、残りをスリープさせることで、WSN の k 重被覆時間を最大化する手法を提案した。本手法を実現するため、 k 重被覆時間を最大化する、各時刻のノードの動作モード(センシングやスリープなど)およびマルチホップ通信経路を決定する問題を定式化した。本問題は典型的な組み合わせ最適化問題であり、短時間で最適解を算出するのは困難である。そのため、時間を多期間に区切り、一期間にわたって維持される最適な動作モードとデータ収集経路を繰り返し決定していくヒューリスティッ

クアルゴリズムを提案した。提案アルゴリズムとして、 k 重被覆への貢献度合順に稼働させるノードを選んでいく方法と、フィールドを1重被覆するノードの集合(レイヤ)を複数求め、 k 個の稼働レイヤを選択する耐故障性が高い方法を提案した。提案手法における各部位の k 重被覆時間延長に対する効果を評価するために、提案アルゴリズムおよびその一部を無効化したアルゴリズムの比較実験をシミュレーションにより行った。その結果、 k の値やノード数にかかわらず、提案手法は、各比較手法よりも k 重被覆時間が約1.1倍から1.7倍長いことが確認できた。

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 12 件)

①勝間 亮, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実:
移動センサノードを用いたデータ収集型WSNでの k 重被覆時間の最大化手法, 情報処理学会論文誌 数理モデル化と応用, Vol. 2, No. 3, pp. 75-86 (2009-12). 査読有

②Matsumoto, K., Katsuma, R., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M.:
Minimizing Localization Cost with Mobile Anchor in Underwater Sensor Networks, Proc. of 4th ACM International Workshop on UnderWater Networks (WUWNet'09), Article No. 14, DOI:10.1145/1654130.1654144 (Nov. 2009). 査読有

③Katsuma, R., Murata, Y., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M.:
Extending k -Coverage Lifetime of Wireless Sensor Networks Using Mobile Sensor Nodes, Proc. of 5th IEEE Int'l. Conf. on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob'2009), pp. 48-54, DOI:10.1109/WiMob.2009.18 (Oct. 2009). 査読有

④Ahmed, A., Yasumoto, K., Shibata, N., Kitani, T., Ito, M.:
DAR: Distributed Adaptive Service Replication for MANETs, Proc. of 5th IEEE Int'l. Conf. on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob'2009), pp. 91-97, DOI:10.1109/WiMob.2009.25 (Oct. 2009).

査読有

⑤Wu, B., Murata, Y., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M.:
A Method for Composing Tour Schedules Adaptive to Weather Change, Proc. of 2009 IEEE Intelligent Vehicles Symposium (IV'09), pp. 1407-1412, DOI:10.1109/IVS.2009.5164491 (June 2009). 査読有

⑥山本真也, 村田佳洋, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤 実:
実・仮想空間を跨るインタラクションを実現するためのQoS適応機構とその評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 50, No. 2, pp. 765-776 (Feb. 2009). 査読有

⑦Sawa, Y., Kitani, T., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M.:
A Method for Pedestrian Position Estimation using Inter-Vehicle Communication, Proc. of the 3rd IEEE Workshop on Automotive Networking and Applications (AutoNet 2008), pp. 1-6, DOI:10.1109/GLOCOMW.2008.ECP.57 (Dec 2008). 査読有

⑧Matsuda, T., Shibata, N., Yasumoto, K., and Ito, M.:
Framework for Virtual Collaboration Emphasized by Awareness Information and Asynchronous Interaction, Proc. of 2008 IEEE Int'l. Conf. on Multimedia and Expo (ICME2008), pp. 997-1000, DOI:10.1109/ICME.2008.4607605 (June 2008). 査読有

⑨Tamai, M., Yasumoto, K., Shibata, N., Ito, M., and Nahrstedt, K.:
Transcasting: Cost-Efficient Video Multicast for Heterogeneous Mobile Terminals, Proc. of 16th International Workshop on Quality of Service (IWQoS2008), pp. 171-180, DOI:10.1109/IWQOS.2008.25 (June 2008). 査読有

⑩Yamamoto, S., Murata, S., Shibata, N., Yasumoto, K., and Ito, M.:
QoS Adaptation in Streaming 3D Graphics for FAIRVIEW, Proc. of 18th ACM Int'l. Workshop on Network and Operating Systems Support for Digital Audio and Video (NOSSDAV2008), pp. 125-126, DOI:10.1145/1496046.1496080 (May 2008). 査読有

⑩Kitani, T., Shinkawa, T., Shibata, N., Yasumoto, K., Ito, M., and Higashino, T.:
Efficient VANET-based Traffic Information Sharing using Buses on Regular Routes, Proc. of 2008 IEEE 67th Vehicular Technology Conference (VTC2008-Spring), pp. 3031-3036, DOI:10.1109/VETECS.2008.326 (May 2008).
査読有

⑪Katsuma, R., Murata, Y., Shibata, N., Yasumoto, K., and Ito, M.:
Maximizing Lifetime of Wireless Sensor Networks with Mobile Sensor Nodes, Proc. of 2008 International Workshop on Sensor Network Technologies for Information Explosion Era (SeNTIE 2008), pp. 141-148, DOI:10.1109/MDMW.2008.14 (April 2008).
査読有

[学会発表] (計13件)

①野口晃司, 勝間亮, 長瀧寛之, 山内由紀子, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤実:
利用者の状況に応じて画面レイアウトが変更可能な遠隔教育支援システムの提案, 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-CE-103, No. 1 (2010年3月6日, 筑波大学東京キャンパス大塚地区).

②小谷和也, 孫為華, 木谷友哉, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤実:
リクエストに応じた交差点映像配信を目的とした車車間通信プロトコルの提案と評価, 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-ITS-40, No. 7 (2010年3月5日, 和歌山県「県民交流プラザ・和歌山ビッグ愛」).

③中村 正人, 木谷 友哉, 孫 為華, 柴田直樹, 安本 慶一, 伊藤 実:
VANETにおける車両の経路情報を利用した情報伝播プロトコルの提案と評価, 情報処理学会研究報告, Vol. 2010-ITS-40, No. 6 (2010年3月5日, 和歌山県「県民交流プラザ・和歌山ビッグ愛」).

④小谷和也, 孫為華, 木谷友哉, 柴田直樹, 安本慶一, 伊藤実:
交差点映像の協調撮影と共有を目的とした車車間通信プロトコル, 第17回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ論文集 (DPSWS2009), pp. 135-140 (2009年10月8日, 北海道層雲峡温泉「層雲閣グランドホテル」).

⑤中村 正人, 木谷 友哉, 孫 為華, 柴田

直樹, 安本 慶一, 伊藤 実:
予定経路情報を用いた車車間情報配送効率の改善, 第17回マルチメディア通信と分散処理ワークショップ (DPSWS2009), Vol. 2009, No. 9, pp. 129-134 (2009年10月8日, 北海道層雲峡温泉「層雲閣グランドホテル」).

⑥神山 直也, 木谷 友哉, 柴田 直樹, 安本慶一, 伊藤 実:
嗜好の異なる複数ユーザを対象としたスマートスペースのデバイス制御法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009) シンポジウム, pp. 1508 - 1515 (2009年7月10日, 大分県別府温泉「杉乃井ホテル」).

⑦Asaad Ahmed, Keiichi Yasumoto, Naoki Shibata, Tomoya Kitani, Minoru Ito:
DASR: Distributed Adaptive Service Replication for MANETs, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009) シンポジウム, pp. 823 - 835 (2009年7月9日, 大分県別府温泉「杉乃井ホテル」).

⑧勝間 亮, 村田 佳洋, 柴田 直樹, 安本慶一, 伊藤 実:
過剰にノードを用いることによるセンサネットワークの稼働時間延長方式, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009) シンポジウム, pp. 322 - 332 (2009年7月8日, 大分県別府温泉「杉乃井ホテル」).

⑨清川 皓太, 山本 眞也, 柴田 直樹, 安本慶一, 伊藤 実:
3D仮想空間インタフェースを持つ情報家電リモコンの携帯端末上への実装, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009) シンポジウム, pp. 26 - 35 (2009年7月8日, 大分県別府温泉「杉乃井ホテル」).

⑩武 兵, 村田 佳洋, 柴田 直樹, 安本慶一, 伊藤 実:
天候を考慮した観光スケジュール群の局所探索を用いた立案手法, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009) シンポジウム, pp. 473 - 479 (2009年7月8日, 大分県別府温泉「杉乃井ホテル」).

⑪野口 晃司, 柴田 直樹, 安本 慶一, 伊藤 実:
シチュエーションに応じて画面レイアウトを自動変更するテレビ会議ベース遠隔教育支援フレームワークの提案, マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02009) シンポジウム, pp. 529 - 538 (2009年7月8日, 大分県別府温泉「杉乃井ホテル」).

⑫松本 啓司, 勝間 亮, 柴田 直樹, 安本 慶

一、伊藤 実：
水面を移動可能なアンカノードを用いた水中センサネットワークのノード位置推定手法の提案，情報処理学会研究報告，Vol.2009-MBL-49，No.5，pp.1-7，(2009年5月7日，宮古島マリナターミナル).

⑬中村 正人，木谷 友哉，孫 為華，柴田直樹，安本 慶一，伊藤実：
各車両の予定経路情報を利用した車車間通信による情報取得手法の提案，情報処理学会研究報告，Vol.2009，No.24 (2009-ITS-36)，pp.23-29(2009年3月5日，東北大学片平キャンパス).

〔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

<http://ito-lab.naist.jp/themes/MobileComputing/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

柴田 直樹 (SHIBATA NAOKI)
滋賀大学・経済学部・准教授
研究者番号：40335477

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者
なし