

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 9 月 28 日現在

機関番号：32503

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2014

課題番号：24500094

研究課題名(和文) 自律的メカニズムに基づく室内センサネットワークの設置労力軽減手法

研究課題名(英文) A method to reduce burden of installing sensor network in a daily living environment based on autonomous mechanism

研究代表者

原 英樹 (Hara, Hideki)

千葉工業大学・情報科学部・准教授

研究者番号：70306398

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,900,000円

研究成果の概要(和文)：センサノードを自律化し、日常生活空間にセンサネットワークを設置する際の設置労力と保守労力を軽減させる方法について研究を行った。センサネットワークに深い知識を持つ人間だけでなく、設置する場所で日常的に生活するエンドユーザが設置する場合も含めて検討を行った。そのためにセンサノード自身に、(1)設置位置を推定させる手法と、(2)センサノード設置位置の正しさを推定させる手法、の2つを提案した。

研究成果の概要(英文)：The aim of this study is to reduce burden of installing and maintaining sensor network in a daily living environment by making sensor nodes autonomous. Our method is not only for expert but also novice for sensor network. To achieve our aim, we proposed two methods for (A) inferring location of sensor nodes themselves and (B) inferring that the location is right for the nodes and the environment.

研究分野：センサネットワーク

キーワード：センサネットワーク 自律化 エージェントシステム

1. 研究開始当初の背景

センサデバイスやセンサネットワーク機器の普及に伴い、室内における人間の行動を観察しその行動内容や行動意図を取得する研究が盛んに行われている[1][2]。これらの研究は、観察対象である人間自身にセンサを設置するものと、人間が行動する室内にセンサを設置するものに大別できる。このうち室内に設置する手法では、室内の各所にセンサやマイク、カメラなどのセンサデバイスを配置し人間の行動を検知する。これにより、現在人間のとっている行動から必要なサービスを推測し提供することが可能になる。

しかしながら、意図したとおりにセンサを作動させるために最適なセンサの設置場所を検討したり、センサの感度調整をしたり、あるいは設置場所などをセンサ管理システムに登録したりする作業はセンサ設置者の労力が大きく運用開始までに必要なコストの増大を招く。またセンサを日常生活空間に配置する場合には人間の動作に伴うセンサの移動により、本来設置すべき場所ではない場所に移動してしまう可能性がある。そのため設置者は常にセンサの移動を監視し、位置がずれた場合には設置しなおす必要がある。この保守に必要な労力も大きく、これらはセンサネットワークを設置する上で大きな課題となっている。

これらの問題に対して様々な研究が行われている。文献[3]ではユーザ自身がセンサノードとモノの情報を容易に関連付ける手法を提案している。設置コストの低減が期待できる一方で、個々のセンサの感度の範囲や複数のセンサの関連付けなどを設定することはできない。文献[4]ではセンサで計測する対象をセンサ出力から自動的に推測することで設置労力を軽減する手法を提案しているが、推測対象はモノだけで空間を対象としてはいない。文献[5]ではセンサシステム導入の手間をかけずに屋内環境におけるユーザと計測対象の位置を取得するシステムが提案されているが、人間のトラッキングを目的としたものでありセンサモジュールの位置を設定するものではない。また位置検出に超音波タグを使っており、屋内空間に手軽にセンサネットワークを構築するには課題が残る。

[1] 特集「センシングネットワーク」, 情報処理学会誌, vol.51, no.9 (2010)

[2] 特集「センシングネットワーク: 要素技術編」, 人工知能学会誌, vol.23, no.5 (2008)

[3] Spot&Snap:DIY Smart Object Service を実現するセンサノードと日用品の関連付けインタラクション, 米澤拓郎他, 情報処理学会論文誌, vol.48, no.3 pp.1381-1392 (2007)

[4] Tag and Think: モノに添付したセンサノードのためのモノ自身の推定, 前川卓也, 柳沢豊, 岡留剛, 情報処理学会論文誌, vol.49, no.6, 1896-1906 (2008)

2. 研究の目的

本研究の目的は、センサノードを自律化し、日常生活空間にセンサネットワークを設置する際の設置労力と保守労力を軽減させることにある。センサネットワークに深い知識を持つ人間だけではなく、設置する場所で日常的に生活するエンドユーザが設置する場合も含めて検討を行う。そのため、以下の(1)(2)を明らかにする。

(1)センサノード設置位置の自律的推定手法: センサノード自身に設置位置を推定させる手法を考案する。これにより、センサノードの位置管理をするサーバに位置登録を行う作業が不要となり、センサノード設置労力を低減させることができる。このために、人間の動作に反応したセンサ情報を統合し、反応時刻や反応の大きさが近いセンサノード群を見つけ、それらの相関関係からセンサの設置場所や相対位置などを推定し互いに関連付けを行う手法を明らかにする。また、センサ群を設置した室内にカメラおよび距離深度センサを設置し、画像と深度情報から推測した人間の行動とセンサの反応情報を統合し、センサの設置位置の精度を向上させる仕組みを探る。

(2)センサノード設置位置の自己分析手法: 周囲のセンサが人間の行動に対して反応する様子をセンサ自身が観察し、人間の意図通りの位置にセンサが設置されているかどうかを判断する仕組みを考案する。またその設置ができていない場合、適切だと思われる設置位置を推測しそれをエンドユーザに提示し設置位置の修正を促す手法を明らかにする。

3. 研究の方法

前述した目的(1)(2)について、それぞれ次のように研究を進める。

(1) 可動物に設置されたセンサノードによる設置場所の自動認識手法の検討: 本研究におけるセンサノードの設置対象は、人間が操作する可動物および、人間が移動時に通過する動線上の点とする。可動物とは例えば部屋の出入口や冷蔵庫などのドア、書架やロッカーなどの開き戸、机や物品庫の引き出しなどを想定している。また通過する動線上の点とは、階段や廊下など可動物が設置されていない通過点を指す。このうち設置対象が可動物であった場合の自動認識手法についての基礎的研究は文献[1]で述べられている。本研究ではさらに通過動線上に焦電型の近接センサを設置した場合について、設置場所を自動認識する手法を検討する。

そのために、まず文献[1]の手法を用いて設置対象を自動判別し、判別した対象物の室内の場所の推定手法を考える。これには対象物の設置場所に関する一般的知識をモデル化した知識ベースを構築し、問い合わせること

により行う。知識ベースの構築にはこれまで本研究申請者が開発してきた B-DASH フレームワーク[4]に内蔵された知識ベースを用いて行う。

(1) 非可動物に設置されたセンサノードによる設置場所の自動認識手法の検討：部屋と部屋とをつなぐ廊下の中間点や階段の途中に設置したセンサノードの設置場所を自動認識する手法を検討する。センサには焦電型近接センサを用いて、人間がセンサノードに近づいたことを検出する。この検出した時刻と(1)のセンサ群が検出した時刻の両方を照合し、センサが反応した時系列データや頻度を用いて、センサの設置位置の自動認識を行う。

センサが何らかの動きを検知した時系列データをもとに人間の動線を計測する場合、センサノードの設置場所を正確に管理する必要があり、これがセンサネットワーク配置の労力の一つであると予想される。文献[2]で報告されている研究事例を参考に、センサが動体を検知した時刻を記録し、複数のセンサの記録時刻から設置場所を自動認識する方式について検討し、実験を行う。

廊下や階段などの通過点に設置する場合の他に、室内の特定の場所に近づいたことを検出することも検討する。センサノードとしては焦電型近接センサを用いるが、「近づき」を認識する領域を自動設定するために Microsoft 社が販売している Kinect を用いる手法についても検討する。Kinect によるカメラ画像と深度センサの情報をもとに人間の行動場所の計測を行い、反応する焦電型近接センサの相対位置を推定する。このためニューロネットワークなどや自己組織化マップなどの機械学習手法を用いて近接時刻に発生するセンサノードの相関関係を推定する。

(1) センサネットワーク管理システムの開発：前記(1)と(1)の知見をもとに、センサノードを設置開始直後から自動的に設置対象や設置場所を自動認識する自律型センサノードのソフトウェアの開発を行う。自律的に設置情報を認識するセンサノードの管理を行うには、自律型エージェントシステムが適していると予想される。そこで、これまで本研究申請者が開発・運用してきたエージェント開発フレームワーク B-DASH[4]を用いて構築する。室内に設置された複数のセンサノードを用いて人間行動センシングを行うセンサネットワークを構成する手法について検討する。

(2) センサノードの移動検出手法の検討：日常生活の中で、人間が無意識のうちにセンサノードを移動させてしまうことがある。設置時に意図したとおりの動作をセンサノードにさせるためには、移動先から設置場所にセンサノードを戻す必要があるが、この移動検

出の自動化について検討する。文献[3]で利用されている SLAM 技術を利用し、センサノードの予期せぬ移動を検出する予備実験を行う。

(2) センサノードの設置意図の推定：センサノードから得られる信号とそれに対する人間の反応やサービス記述から、センサノードがどのような目的で設置されたのかを推定する手法を検討する。そのために、センサネットワークを利用しサービスを楽しむユーザのユーザモデルの構築手法についても合わせて検討する。

(2) インタフェースエージェントの開発：設置位置から移動している場合に、それをユーザに伝え、正しい設置位置に移動することを促すためのインタフェースエージェントの開発を行う。エンドユーザの利用性向上を目指す。

4. 研究成果

前記した方法に基づき、目的とするシステムの開発と評価を行った。また研究成果の発表を行った。

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 0 件)

〔学会発表〕(計 3 件)

- (1) Hara, H., Sugawara, K., “Conversational Labeling Method for Sensor Nodes in a Daily Living Environment”, Proceedings of 13th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI*CC 2014), 2014/8/18, London, UK
- (2) Hara H., “A Method to Configure Autonomous Sensor Nodes”, Proceeding of 3rd International Workshop on Symbiotic Computing and Multiagent System (SCMAS-2013), 2013/10/29, Compiègne, France
- (3) Hara, H., “Design of a Symbiotic Sensor Network”, Proceedings of 12th IEEE International Conference on Cognitive Informatics & Cognitive Computing (ICCI*CC 2013), 2013/7/16, New York, USA

〔図書〕(計 0 件)

〔産業財産権〕
出願状況(計 0 件)

取得状況(計 0 件)

〔その他〕
ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

原 英樹 (Hara, Hideki) 千葉工業大学・
情報科学部・准教授

研究者番号：70306398

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし