

Masha: 実空間におけるセンサネットワーク管理機構

瀧本 拓哉^{1,a)} 中澤 仁^{1,2,b)} 高汐 一紀^{1,2,c)} 徳田 英幸^{1,2,d)}

概要: 近年、センサの小型化や低価格化により、様々な種類のセンサが私たちの身の回りに広く設置されつつある。今後、センサを用いたアプリケーションが我々の家庭といった身近な環境にも提供されると予想される。本研究では、一般家庭で生活するエンドユーザが操作可能な手法でセンサの異常を発見修復することを可能にする Masha を提案する。Masha を使用することで、センサに関する知識のないエンドユーザが日常的にセンサネットワークに発生した問題を発見し、修復することが可能になる。本論文では、実空間における WSN 管理手法である Masha を提案し、実装を行う。最後に、提案した Masha に対して評価実験を行い、Masha の有用性を検証する。

キーワード: ワイヤレスセンサネットワーク, インタラクション, ユビキタスコンピューティング

Masha: A management system for wireless Sensor networks in physical space

Abstract: In recent years, sensors have been widely applied as they are increasingly reduced in size and getting cheaper. As such, sensors are also expected to be employed in household applications. As a great number of those applications can be installed into one same environment, there raises a question on managing the employed sensors. However for that later sensors will have the ability of communicating and exchanging data by using the wireless networking technologies, even users with less knowledge about technology will be able to gather information of the sensors to manage them without any difficulties. This thesis, the information assessing technique which based on the distance between users and sensor nodes is proposed. In addition to, the implementation and the evaluation of Masha system are also demonstrated. The evaluation experiment's result has verified that such a system like Masha is useful in the environment in where a number of sensors are set up.

Keywords: Wireless Sensor Network, Interaction, Ubiquitous Computing

1. はじめに

近年、環境情報を取得可能なセンサノードと呼ばれる小型のデバイスが普及している。無線通信技術や、半導体技術の進歩により低価格化や小型化が進み、無線通信機能を備えたセンサノードが開発されている。また、私たちの身の回りの環境やモノにセンサノードが取り付けられるようになってきた。これにより現在、環境光の強さによって電

灯の明るさを調節する電源管理システムや、外出する際に施錠を確認する施錠管理システムなどが研究されており、近い将来の私たちの生活にセンサノードは欠かせないものとなることが予想される。

無線通信機能を備えたセンサノードから成るネットワークである Wireless Sensor Network を (WSN) と記述する。WSN ではネットワークに参加している各センサノードが互いに通信し合い、アドホックに通信を行うことで広範囲に渡るセンシングを可能にする。WSN のデプロイを支援する研究 [1] などが提案されているので今後さらに普及していくことが予想される。本研究ではそれらの WSN を用いたアプリケーションが将来的に、私たちの家庭のような身近な環境に設置され、WSN やデータベースに関する知識のないエンドユーザが日常的に管理するようになると想

¹ 慶應義塾大学大学院政策・メディア研究科
5322 Endo, Fujisawa-shi, Kanagawa 252-0882 Japan

² 慶應義塾大学環境情報学部
5322 Endo, Fujisawa-shi, Kanagawa 252-0882 Japan

a) tacky@ht.sfc.keio.ac.jp

b) jin@ht.sfc.keio.ac.jp

c) kaz@ht.sfc.keio.ac.jp

d) hxt@ht.sfc.keio.ac.jp

定している。

現在、WSN を管理する為のシステムは様々なものが研究開発されている。本研究では情報を取得する際に用いる手法を情報取得手法と呼び、仮想空間型情報取得手法と実空間型情報取得手法に分類する。仮想空間内、つまりコンピュータの画面中で取得対象の情報をユーザがする情報取得を本論文では、仮想空間型情報取得と呼ぶ。WSN を管理する際に用いられるシステムもこの2つに分類でき、GUIベースのWSN 管理システムなどは仮想空間型情報取得手法に分類できる。仮想空間型情報取得手法を用いたWSN 管理システムでは情報取得対象の位置関係とノード情報が対応付けられていないため実空間での利用を想定していない。またそれらの手法では、WSN に関する知識やデータベースに関する知識が必要であるため、エンドユーザが日常的に利用することは困難である。

そこで、実空間型情報取得手法に分類される、センサノード取り付けられたAR マーカを読み込むことで情報取得を可能にするシステム [2][3] などが研究されている。実空間型情報取得手法は、ユーザが現実空間で情報取得対象の特定を行う情報取得手法である。これらのシステムを用いることでユーザは対象となるセンサノードに関する情報を実空間上で容易に取得可能になった。しかし、それらの手法は多数のセンサノードが設置されたWSN での利用を想定していないため、センシング対象のセンサノードを特定する際にユーザに負担がかかる。

そこで、本論文では情報取得対象とユーザの距離に基づいた情報取得手法を提案する。情報取得対象とユーザの距離に基づいた情報取得手法では、ユーザが特別な操作をすることなく情報表示の切り替えを行う。そのため、ユーザは情報取得対象の特定を容易に行うことが可能になるので、センサノードが多数存在する環境において有用である。

本論文では、プロトタイプとして情報取得対象とユーザの距離に基づいた情報取得手法を用いた Masha システムを実装し評価を行った。

2. 実空間における WSN の管理

本論文では、ある情報リソースから情報を取得する際に用いる手法を情報取得手法と呼ぶ。また、WSN を管理する手法を WSN の管理手法と定義する。本節ではまず、WSN における情報取得の概念について述べる。

2.1 WSN における情報取得

本論文における取得対象の情報と気温データや照度データなどの WSN でセンシングされた情報である。WSN における情報取得では、管理サーバ内のセンサノード情報データベースより、ユーザが必要なデータを取得することである。一般的な WSN には得られた情報や設置されている WSN に関する情報を管理しているサーバがある。WSN

に参加しているセンサノードは自立分散協調的にデータのやりとりを行い、管理サーバに情報を送信する。管理サーバ内に送信されたデータをユーザのニーズやアプリケーションの用途によって取得することが WSN における情報取得である。下図に WSN における情報取得の概念図を示す。

WSN における情報取得は WSN、WSN 管理サーバ、アプリケーション、情報取得手法の4つから構成される。複数のセンサノードから成る WSN より得られた情報が WSN 管理サーバ内のデータベースに蓄積される。WSN 管理サーバ内のデータベースに蓄積される情報が、ユーザの情報取得を行う対象である。

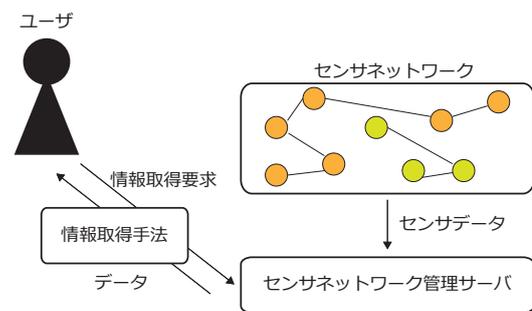


図 1 WSN における情報取得の概念図

2.2 実空間における WSN 管理手順

一般的に、WSN における情報取得は以下の手順で行われる。

- (1) 情報取得手法によるユーザの条件に合わせた WSN に関する情報の提示
- (2) ユーザによる情報取得対象の選択
- (3) 情報取得手法によるセンサノード管理サーバ内のデータベースへの接続
- (4) 情報取得手法によるデータベース内の情報の取得
- (5) WSN における問題の修復

WSN における管理機構は、1) ユーザに WSN 上の情報を提示する機能、2) ユーザの情報取得対象の選択を受け付ける機能、3) センサノード管理サーバ内のデータベースへの接続機能、情報取得機能、4) WSN の問題を修復する機能、と4つ機能を持つ。

そして本論文では、WSN における情報管理機構を、前述した4つの機能を持つ、実空間においてユーザが WSN 上の情報を取得する際に、手助けをするインタフェースであると定義する。

2.3 実空間における WSN 管理シナリオ

実空間において WSN 管理を行うシナリオを挙げ、問題点を整理する。T 君は家庭に電灯管理アプリケーションを導入している。電灯管理アプリケーションとは家庭内の至

る所に設置された照度センサが環境光を測定しており、暗くなると自動的に電灯が付き、明るくなると電気が消えるというアプリケーションである。ある日、前日まで動作していた電灯管理アプリケーションが、暗くなっても電気がつかなくなった。WSN 管理システムをみると自室に取り付けてあるセンサノード ID「70705767」の電池が切れているようだ。そこで、T 君は画面に示された位置を記憶し、センサノードを探しにいった。しかし、ID が似ているセンサノードが複数あり、T 君は電源が切れているセンサノードを探すのにとても時間がかかってしまった。

2.4 シナリオの整理

以上のシナリオでは T 君がセンサノードを特定する際に GUI ベースの WSN 管理システムを用いているが、環境に多数のセンサノードが存在する場合同様な名前のセンサノードが存在しているので、実空間上で特定するのは非常に困難である。故に実空間上で WSN の状況を取得可能で、センサノードの特定までサポートするような手法が求められる。また、本例のように電池切れのような問題意外にも WSN では問題が起りうる。プログラマブルな問題であればその場で修復できる手法が求められる。

3. 関連研究

本節で既存の実空間型情報取得手法を整理する。既存の実空間型情報取得手法としてセカイカメラ [4] などのユーザの位置情報に応じた情報を提供するシステムが普及している。セカイカメラでは GPS 情報と共に保存された写真やメッセージを他人と共有することができるシステムである。携帯端末のカメラで取得した映像に保存されている情報がオーバーレイされ表示される。位置に応じた情報の取得を行えるため、観光地などでその場ならではの情報発信を行えるメリットがある。しかし、ユーザを中心とした同心円状の範囲に関する情報しか表示できないというデメリットがある。

また、WSN における情報取得を AR マーカを用いた行う研究がされている。uMegane [5] という研究が行われている。この研究ではセンサノードにつけられた AR マーカを読み込むことでセンサノードを特定しそのコードが貼られているセンサノードの情報を表示する。uMegane ではセンサノードに関する知識やデータベースに関する知識のないエンドユーザを対象にセンサノードの情報を提供を可能にしている。

また、AR マーカを用いた WSN のトポロジの表示を行う島田らが研究した EVANS [6] というシステムがある。EVANS では、uMegane では実現していない、センサ間のトポロジを表示可能にしている。これらのシステムではユーザは複雑な操作をせずに情報取得対象となるセンサノードの情報を取得可能であり、エンドユーザが WSN の

情報を取得する際に適している。しかし、これらのシステムではセンサノードが多数存在する WSN での利用を想定していないので、センサノードの特定を行う際にユーザに負担がかかる。また、WSN が設置されている空間全体の情報を取得したいなどの要求がある際にも取得が困難である。

4. 実空間における WSN 管理機構

本論文では、WSN の管理手法として、実空間における WSN 管理機構を提案する。ユーザと、本研究での情報の取得対象であるセンサノード間の距離に応じて情報の切り替えを自動的にを行い、WSN における問題の特定を行う。そして、プログラマブルな問題であればその場でユーザが修復を行うことを試みる。

4.1 情報の表示段階の切り替え

ユーザは情報の取得を行う際に、情報取得対象に近づいていくことでより詳しい情報を得る。また、情報取得対象から離れることで環境内の情報を大まかに取得する。そして、情報を取得するセンサノードを一意に特定し、センサノードに関する情報を取得する。本節では 3 つのフェーズに分類しそれぞれのフェーズで表示する情報について述べる。

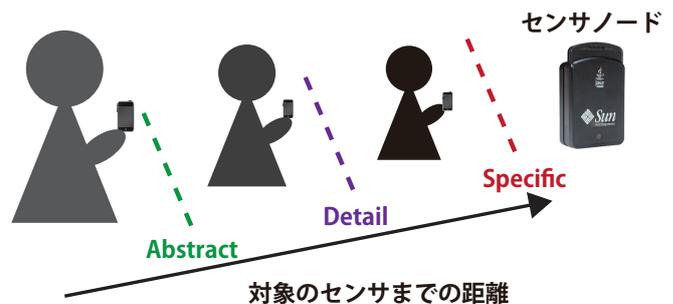


図 2 対象とユーザの距離に応じた情報取得手法

Abstract Information Phase

Abstract Information Phase ではユーザに対して WSN の情報を大まかに伝えることを目的としている。このフェーズではユーザに対し WSN の動作状態に関する情報を提供する。まず、ユーザは家庭内の WSN が設置されている環境において、携帯端末をかざすことで WSN の現在の状況を取得する。その際に、ユーザの持つ携帯端末と情報取得対象のセンサノードの距離が十分離れている場合は Abstract Information Phase に分類される。この表示段階では、WSN に異常などが起きている場合に図のように表示し、携帯端末の先に問題が起きていることを知らせる。このフェーズによりユーザは周りの環境に設置されている

WSN の状況を大まかに知ることが可能になる。本実装ではマーカの色により各ノードの状況を視覚的に表現し、GUI ベースでの情報の取得を可能にする。



図 3 Abstract Information Phase における画面

Detail Information Phase

Detail Information Phase ではユーザに対して Abstract Information Phase よりも詳しい情報を伝えることを目的としている。このフェーズではユーザに対し WSN で異常が起こった際に異常の原因を提供する。Abstract Information Phase で WSN に問題が起きていることを認識した後、ユーザはその方向に近づいて行く。ユーザとセンサノードの距離が近づいた際に表示を Detail Information Phase に切り替わる。この表示を行うことにより、ユーザは WSN に起きている問題の詳細な情報を得ることが可能になる。本実装では AR 技術を用いることでユーザに対して視覚的に情報の提供を行っている。下図のようにユーザがノードの ID をタップすることにより詳しい情報を得ることが出来る。また、ID を表示している箇所の色分けによりセンサノードの状況を視覚的に提供している。



図 4 Detail Information Phase における画面

Specific Information Phase

Specific Information Phase ではユーザに対して特定のセンサノードに関する情報を伝えることを目的としている。ユーザは前述した、Abstract Information Phase と Detail Information Phase を繰り返しながら問題のセンサノードが目視できる地点まで移動する。そして、携帯端末とセンサノードが近づいた際に、表示を Specific Information Phase に切り替える。本フェーズではセンサノードに取り付けた AR マーカを読み取ることによりセンサノードを一意に特定することが可能である。このフェーズでは電池の残量や送信しているデータの種類の固有のセンサノードに関する詳しい情報を表示する。これにより、ユーザは特定のセンサノードの情報を取得することが可能になる。そして、プログラマブルな問題であればその場で解決することを可能にする。下図の例では WSN のルーティングに異常が起きているので、ルーティング再設定パケットの送信を試みる。

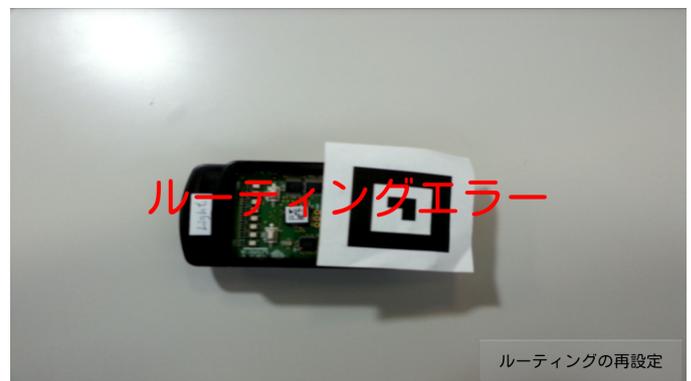


図 5 Specific Information Phase における画面

5. Masha Prototype

本節では Masha の Prototype 実装について述べる。Masha は対象とユーザの距離に応じた情報取得手法を用いている。Masha ではユーザは携帯端末を持ち情報取得を行うため、環境側アプリケーションとユーザ側アプリケーションに分かれる。以下に Masha で想定している実装環境について述べ、環境側アプリケーションとユーザ側アプリケーションについて述べる。

5.1 実装環境

設置するセンサノードには予め AR マーカが貼られセンサノード管理モジュールに位置情報とノード情報が登録されている。Masha の利用者側アプリケーションでは、ユーザの操作端末として SAMSUNG 社の GALAXY S3 [8] を用いる。GALAXY S3 は、向き情報取得デバイスとして、電子コンパスを内蔵しているそして、カメラデバイスと

ディスプレイを備えており、本研究でユーザーが操作する携帯端末として適している。

5.2 環境側アプリケーション

環境側アプリケーションはセンサノード情報管理層、センサデータ提供層、ユーザ位置情報取得層より成る。

センサノード情報管理層

センサノード情報管理層は、環境に設置されたセンサノードに関する情報を管理する。センサノード情報管理層は、センサノード管理モジュール、センサデータ管理モジュールが含まれる。センサノード管理モジュールでは、センサノードの位置情報や、センサノードに貼られた AR コードとセンサノードの ID とのバインド情報を管理する。また、センサノードデータ管理モジュールでは WSN から得られるセンサデータをデータベースに保存する。

センサデータ提供層

センサデータ提供層は、センサノード管理サーバ内のデータベースに保存された情報を、ユーザ側のアプリケーションに送信する。センサデータ提供層には、データ取得要求管理モジュール、情報提供モジュールとデータベース接続モジュールが含まれる。データ取得要求管理モジュールでは、ユーザ側のアプリケーションより、リクエストのあった条件でのデータ取得を扱う。

位置情報取得層

位置情報取得層は、Masha システムを利用しているユーザの屋内における位置情報を取得する。位置情報取得層には、距離データ取得モジュールと位置情報管理モジュールが含まれる。距離データ取得モジュールでは、予め環境に設置された 4 台のレーザーレンジファインダーより距離データを取得する。位置情報管理モジュールでは、距離データ取得モジュールより得られたデータを用いてユーザの屋内における位置情報を算出する。

5.3 ユーザ側アプリケーション

ユーザ側アプリケーションはインターフェイス層と情報取得層より成る。

インターフェイス層

インターフェイス層は、ユーザ位置情報取得モジュール、ユーザ向き情報取得モジュール、情報表示モジュールから構成される。ユーザ位置情報取得モジュールは環境に設置されたセンサノード管理サーバから、携帯端末を持つユーザの屋内における位置情報を取得する。ユーザ向き情報取得モジュールは、携帯端末に内蔵された電子コン

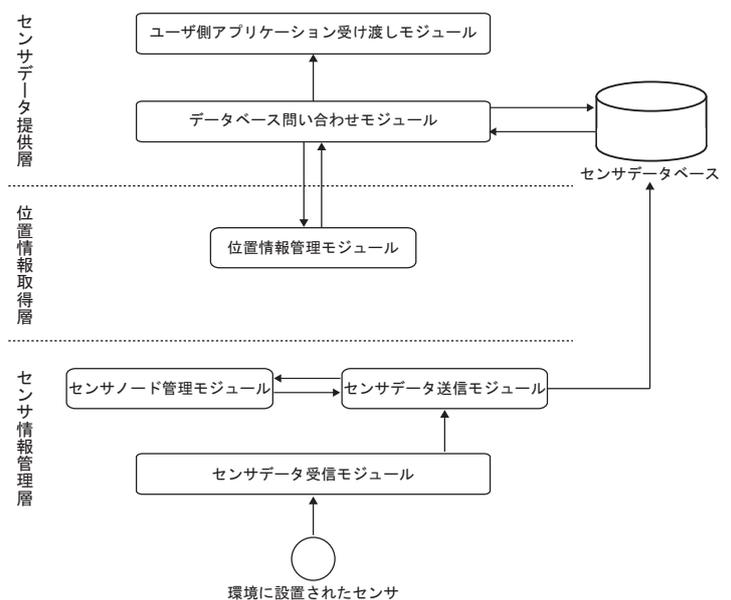


図 6 環境側アプリケーション構成図

パスを用いてユーザの持つ携帯端末の向きを取得する。インターフェイス層で得られたユーザの持つ携帯端末の情報を情報取得層に与え、センサデータを取得する。取得された情報を情報表示モジュールにおいて、表示する。情報表示モジュールはユーザの位置情報と向き情報に応じた情報の表示や、表示する情報の切り替えを自動的に行う。

情報取得層

情報取得層は主に、インターフェイス層より要求があった際に指定された条件のセンサデータをセンサノード管理サーバより取得する、センサノード情報取得モジュールより成る。情報を取得する際にはセンサノード情報取得モジュールに対して携帯端末の向きや位置といったユーザの情報を与えることにより必要な情報を取得する。

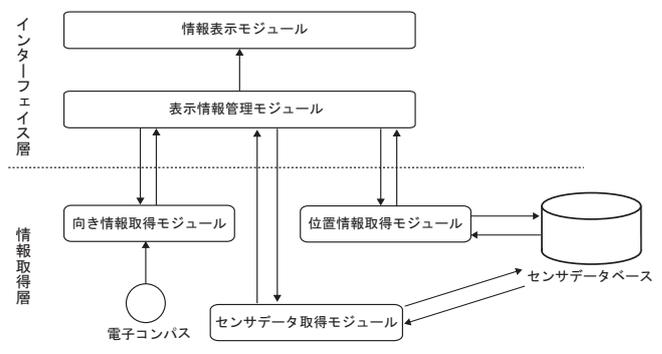


図 7 ユーザ側アプリケーション構成図

6. 評価

本節では、まず実験環境について述べ、評価目的、実験手順について述べる。ついで、評価結果を示し、本評価実

験における考察を述べる。

6.1 実験環境

本実験は、慶應義塾大学湘南藤沢キャンパスにある大学院棟を中心にセンサノードの設置を行った。すべてのセンサノードの位置情報はセンサノード管理サーバに登録されており、各センサノードに貼られた AR マーカと紐付けられている。既存のシステムである GUI ベースの WSN 管理アプリケーションである比較アプリケーションを用意した。センサノードやデータベースに関する知識のない 20 代の大学生 (男性 8 名女性 2 名) に参加してもらった。

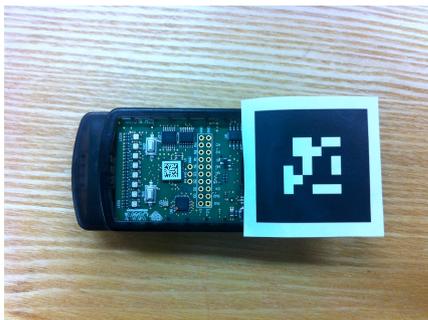


図 8 SunSpot [9]

6.2 評価目的

本実験は、本論文で提案した実空間における WSN 管理機構の有用性を示すために行う。比較アプリケーションとの比較を行い、情報取得対象となるセンサノードが多数存在する場合において Masha を用いた場合の方が有用であると示すことが出来れば、本論文で提案している、環境に多数のセンサノードが設置された WSN において本手法は有効であると言える。また、操作手順がユーザの負担にならなかったかをアンケート評価で定性的に得る。

6.3 実験手順

まず被験者に部屋内に環境光が暗くなったら電灯がつく電灯管理システムが設置されていると説明した。電灯管理システムが正しく動作していない原因を特定するという実験を行ってもらった。実験はセンサノードが 100 台設置されている場合と 50 台設置されている場合を Masha と比較アプリケーションを用いて行ってもらう。要した時間を計測した。最後に、ユーザに Masha の使用感についてのアンケートに答えてもらった。

6.4 評価結果

評価実験により得られた結果を定量的評価と定性的な評価分けて述べる。

6.4.1 定量的評価

本評価実験では 50 台と 100 台のセンサノードが設置されている場合において、Masha と比較アプリケーションを用いて WSN の異常を発見してもらった実験を行った。それぞれの場合で計測した時間を下図に示す。

Masha を用いて異常の起きているセンサノードを発見するまでに要した時間の平均は 50 台の場合 28,4 秒、100 台の場合 29,5 秒であった。対して比較アプリケーションを用いた場合に異常のおきているセンサノードを発見するまでに要した時間の平均は 50 台で 37 秒、100 台の場合 77,5 秒であった。

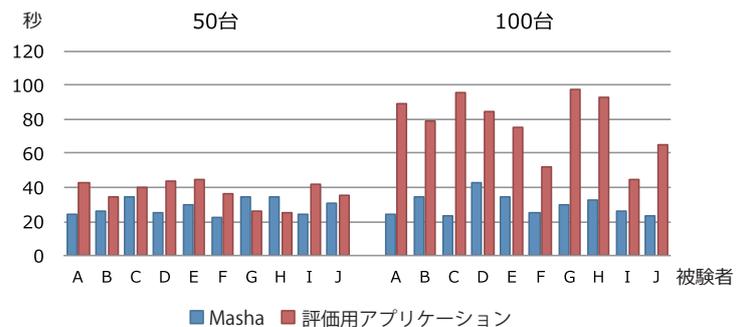


図 9 評価結果

6.4.2 定性的評価

本評価実験では定性的な評価を得るために被験者に実験後アンケート用紙に自由に使用感について答えてもらった。以下にアンケートで得られた感想の一部を示す。

携帯端末の使って情報を取得することが当たり前になれば説得力があると感じた

簡単に問題のセンサノードの情報を取得することができた AR マーカが見えないところに設置されたセンサノードの描画はどうするのか

近づいたら情報が切り替わる手法は WSN に限らず他のシナリオでも有効だと感じた

6.4.3 考察

50 台での定量的実験において被験者が比較アプリケーションを用いた方が早くセンサノードの発見を行っている場合がある。これは 50 台と対象となるセンサノードの数が少なかったからであると考えられ、100 台で行った実験の結果を見ると全ての被験者がおよそ半分の時間で情報の取得を行ったことがわかる。故に、Masha では取得対象となるセンサノードが増えれば増えるほど、比較アプリケーションのような既存の手法に比べて早く情報の取得を行うことが可能であると言える。また、アンケート評価の結果をみると、Masha を用いることでセンサノードに関する知識のないエンドユーザが日常的に WSN の情報を取得することが可能であると言える。以上により、Masha は環境内

に情報取得対象が多数存在する場合において、エンドユーザが日常的に情報取得を行うことが可能であると言える。

7. まとめ

本節で本研究における課題について述べ、今後の展望とまとめを述べる。

7.1 課題

本論文で提案した Masha では GALAXY S3 に搭載されている地磁気コンパスを用いているが、その精度の問題で描画する際にずれるといった問題が起こった。本論文で行った評価実験において、地磁気コンパスのズレによって、正しく描画することが出来ずユーザが混乱するといった場面が見られた。しかし、既存の位置情報取得手法である GPS や無線の電波強度の測定による手法を用いても精度が悪いので、ユーザの持つ携帯端末の移動加速度の変化量に基づいて補正するなどの手法を組み合わせることなどが考えられる。

また、本研究で評価した WSN における問題の事象例について不十分であり、評価実験で検知対象とした問題以外の問題が起きた事象について整理を行う必要がある。

7.2 今後の展望

本論文では、ユーザと情報取得対象との距離に応じて情報表示の切り替えを 3 段階で行った。しかし、本論文では 3 段階の表示切替の妥当性についての検証を行うことができなかった。WSN 以外のシナリオにおいても以下の計算式を満たしながら情報の切り替えを行うことで、対象とユーザの距離に基づいた情報取得手法は有用ではないかと考えている。ユーザに提供する情報量 I を一定としたときに、情報の解像度 r を情報ソースの数 s とすると、以下の式が成り立つと考えられる。

$$I = r * s$$

ユーザが情報取得対象に近づくと情報の解像度は高くなるため、表示する情報ソースの数は少なくなる。また、ユーザと情報取得対象との距離が遠くなると解像度は低くなるため、表示する情報ソースの数は多くなる。以上のポリシーで情報の表示の切り替えを行うことユーザ毎の表示段階の変更が可能になるため、3 段階に制限する必要がなくなると考える。

また、本研究では整理しきれていない WSN で起こりうる問題を整理した上でシステムの設計を行うことでより一層実環境に即した管理機構の提案が行えると考えている。

7.3 まとめ

本論文では、実空間における WSN 管理機構である、

Masha を提案した。Masha を用いることでエンドユーザは特別な操作をせずに、家庭内の WSN において情報の取得、問題の修復を行うことが可能になった。ユーザは異常が起きている部屋において大まかな表示を行い、問題が起きている箇所に近づくという動作を行うことでより詳しい情報を得る。更に、本手法では AR マーカを用いることで、問題が起きているセンサノードを一意に特定することを可能にした。異常の起きているセンサノードを一意に特定した際には対象のセンサノードに関する詳しい情報を表示する。そしてプログラマブルな問題が起きている場合についてはその場で問題の修復を試みる。

評価実験において既存の情報取得手法との比較を行い Masha の有用性を示した。本論文で提案した Masha は情報の取得対象であるセンサノードが多数存在する環境において有用であるという評価を得た。また、定性的な評価より本手法は負担は小さいという評価を得たため、本論文が目的としているエンドユーザの日常的な利用においても有用であると言える。

参考文献

- [1] Yang, Jue and Zhang, Chengyang and Li, Xinrong and Huang, Yan and Fu, Shengli and Acevedo, Miguel F., Integration of wireless sensor networks in environmental monitoring cyber infrastructure, Journal Wireless Networks 2010
- [2] Kenya Sato, Naoya Sakamoto, Shinya Mihara, Hideki Shimada, CyPhy-UI: Cyber-Physical User Interaction Paradigm to Control Networked Appliances with Augmented Reality, ACHI 2013
- [3] King, Gary R. and Piekarski, Wayne and Thomas, Bruce H., ARVino - Outdoor Augmented Reality Visualisation of Viticulture GIS Data, ISMAR '05 Proceedings of the 4th IEEE/ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality
- [4] Tonchidot Corporation, Sekai Camera, <http://sekaicamera.com/>
- [5] Takuya Imaeda and Kazunori Takashio and Hideyuki Tokuda, uMegane: Visualization system of sensor data using AR technology, USN2008-17
- [6] Hideaki Shimada and Naoya Sakamoto and Masakazu Okada and Ryota Ayaki and Kenya Sato, EVANS:The Visualization System for Wireless Network using Augmented Reality Technology, DICOMO2010
- [7] HOKUYO AUTOMATIC Co.,Ltd., URG-04LX-UG01, <http://www.hokuyo-auto.co.jp>
- [8] SAMSUNG Inc., GALAXY S3, <http://www.samsung.com/global/galaxys3/>
- [9] Sun Microsystems, SunSPOT, <http://www.sunspotworld.com/>