

# 電波強度と表示端末の移動履歴を利用したセンサ情報の AR 可視化

山崎 蓮馬<sup>†1</sup> 阿部 亨<sup>†1†2</sup> 菅沼 拓夫<sup>†1†2</sup>

東北大学大学院情報科学研究科<sup>†1</sup> 東北大学サイバーサイエンスセンター<sup>†2</sup>

## 1. はじめに

近年のセンサ技術やセンサネットワーク技術の進展に伴い、気温・湿度、人の行動、電力使用量など、様々なセンサ情報を獲得し、管理・提供するためのセンサ情報システムが必要となってきた。

我々は、専門的知識を持たないユーザでも、センサ情報を直感的に理解できるようにするために、AR (Augmented Reality: 拡張現実) 技術を用いてセンサ情報を可視化するシステムの実現を目指し研究を進めている。本稿では、その基盤技術として、マーカ等の特殊な仕組みを導入せず、センサノードの無線通信により送信される電波の強度によりセンサノードの方位を推定、さらに、表示端末の移動履歴を利用してセンサノードの位置を推定し、それらの結果に基づき、AR 技術を用いてセンサ情報を現実空間に重ね合わせ可視化する手法を提案する。

## 2. 関連研究と課題

AR 技術を用いたセンサ情報の可視化の研究例として、uMegane[1]では、あらかじめオブジェクトにセンサノードとマーカを設置し、画像認識によりマーカを検出することでオブジェクト(センサノード)の位置を推定している。また、マーカを使わず、画像認識技術と加速度センサを組み合わせることで、センサの位置を推定する手法も提案されている[2]。これらの画像認識技術を用いた手法は、オブジェクト全てにマーカを設置するなどの手間が必要である。また、マーカを用いない場合でも、暗闇や障害物などにより、オブジェクトを認識できない状況においては、センサノードの位置を推定することができないため、センサ情報の可視化が困難であるという問題がある。

また、[3]では、センサノードの位置は既知であるものとし、センサに対するユーザの相対位置・向きを推定した結果に基づき、ユーザが携帯するタブレットにセンサ情報を表示している。ユーザの相対位置を推定するためには、セン

AR-based Visualization of Sensor Information using Signal Strength of Sensors and Movement History of Display Device  
Renma Yamazaki<sup>†1</sup>, Toru Abe<sup>†1†2</sup>, Takuo Suganuma<sup>†1†2</sup>,  
<sup>†1</sup> Graduate School of Information Sciences, Tohoku University  
<sup>†2</sup> Cyberscience Center, Tohoku University

サノードからの電波強度(RSSI)や、タブレットの加速度センサ、地磁気センサからの情報を用いている。この手法は、画像認識技術を用いないものの、センサノードの座標を事前に求めデータベース化しておく必要がある。

## 3. センサ情報可視化のための提案手法

### 3.1 センサノード方向の初期推定

本研究で提案する手法では、画像認識技術に頼ることなくセンサノードの位置推定を行い、これと同時に取得されたセンサ情報と組み合わせ、ユーザが携帯する表示端末上で AR 技術を用いた可視化を実現する。具体的には、センサノードが位置する方向にユーザが端末を向ければ、現実空間(携帯端末搭載のカメラで撮影した現実空間の画像)と重ね合わせられたセンサ情報が携帯端末の画面に表示される。

センサノードの方向を推定するために、まず、ユーザは端末を携帯し、その場で 360 度回転しながらセンサノードの ID 毎に電波強度を測定し、同時に、地磁気センサから方位を測定する。リフレクタを取り付けた通信用アンテナの指向性がカージオイド特性になると仮定すれば、アンテナ方位  $\theta$  が  $\phi$  の場合に電波強度  $E(\theta)$  についてのカージオイドの一般式は次で表される。

$$E(\theta) = a(1 + \cos(\theta - \phi))$$

ここで、 $a$  は、最大電波強度の 1/2 の値である。電波強度  $E$  とアンテナ方位  $\theta$  をこの式に当てはめれば、当該センサノードが位置する方向  $\phi$  を推定することができる。図 1 に、電波強度の計測結果と、カージオイドへの当てはめにより  $\phi$  を推定した例を示す。

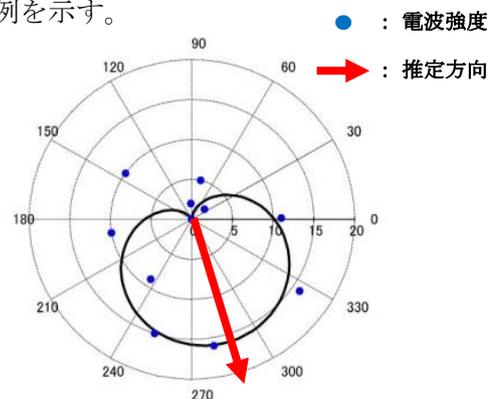


図 1: 電波強度の計測結果と  $\phi$  の推定結果

### 3.2 ユーザが移動した場合の方向推定

センサノードの方向を前節の手法により初期位置で推定した後、ユーザが移動した場合、センサノードの相対的方向が変化するため、現実空間の正しい箇所にセンサ情報を重ね合わせ表示することができない。移動後の位置にて再度同様のセンサ方向計測を行う必要がある。

そこで、提案手法では、通信用アンテナを任意の方位に向け移動先で電波強度の簡易計測を行う。距離の変化による電波強度の変化が小さいならば、初期位置での電波強度の計測結果と新たに計測された電波強度を比較することで、移動先でのセンサノードの方向を絞り込むことができる。センサノードの方向一回の計測では一意に決定できない場合でも、通信用アンテナの方位を変えて複数回計測を行えば、初期位置での場合よりも少ない計測回数で、センサノードの方向を一意に決定することができる。

併せて、ユーザが移動する際、携帯端末に搭載された地磁気センサと加速度センサの情報を記録しておくことで、移動方向と移動距離を推定することができ、その結果もセンサノードの方向・位置の推定に利用できる。また、移動先での計測結果を蓄積することで、センサノードの方向・位置の推定精度の向上が期待できる。

### 3.3 システム構成

提案手法に基づくシステムの構成を図2に示す。システムは、携帯端末、シンクノード、リフレクタで構成される。シンクノードは、センサノードからの電波を受信し、電波強度の計測とセンサ情報の取得を行う。リフレクタは、シンクノードの通信用アンテナの背面に取り付けられ、電波強度測定の際にアンテナへ指向性を与える役割を果たす。また、携帯端末はシンクノードと連動して動作させるものとし、携帯端末に搭載された地磁気センサと加速度センサの情報から、携帯端末の位置・向きの推定を行う。



図2: システム構成 (右図は持った状態)

## 4. 評価実験

### 4.1 想定環境

提案手法を評価するために実験を行う。評価実験は、障害物のない室内で行うこととし、室内に複数のセンサノードを配置する。また、携帯端末としてはタブレット PC を用い、これと、リフレクタを取り付けたシンクノードによりシステムを構成する。ユーザによるタブレット PC の保持姿勢、位置移動に際しての体勢には一定の条件を与える。

### 4.2 評価方法

以下の観点から評価実験を行い、提案手法の有効性を評価する。

- ・センサノード方向の初期推定における、電波強度の計測回数（何度毎に計測するか）と方向推定精度の関係
- ・ユーザが移動した際の、移動距離・移動方向の推定精度
- ・ユーザが移動した先でのセンサノード方向の推定精度、及び、電波強度の計測回数と推定精度の関係

## 5. おわりに

本稿では、センサノードの電波強度によりセンサノードの方位を推定し、その結果に基づき、携帯端末上で、AR 技術を用いセンサ情報を現実空間に重ね合わせ可視化する手法を提案した。提案手法は、マーカ等の特殊な仕組みを用いる必要がなく、センサ方位の初期測定後にユーザが移動した場合でも、現実空間の正しい箇所にセンサ情報を重ね合わせ表示することができるという特徴を持つ。今後は、提案手法に基づくシステムの実装を進め、有効性の検証を進める予定である。

### 参考文献

- [1] 今枝卓也他, “uMegane: AR 技術を用いたセンサ情報可視化システム,” 電子情報通信学会技術研究報告, USN, ユビキタス・センサネットワーク 108(138), 39-44, July 2008.
- [2] 唐津豊他, “ORGA: 加速度センサを利用したマーカレス AR によるセンサ情報可視化システム,” 電子情報通信学会技術研究報告, USN2010-13, pp. 79-84, 2010.
- [3] 金丸幸弘他, “位置推定技術を用いた無線センサネットワーク可視化システムの提案,” 情報処理学会研究報告, Vol. 2012-UBI-36, No. 12, pp. 1-7, 2012.