

Wi-Fi測位と方向検知を用いたIoTデバイスの可視化手法の提案

Proposal of IoT device visualization method using Wi-Fi positioning and direction detection

比田井雅楽[†], 福田浩章[†]

Uta Hidai[†], Hiroaki Fukuda[†]

[†] 芝浦工業大学 工学部 情報工学科

[†]Information Engineering, Shibaura Institute of Technology.

要旨

専門知識の少ない人でも利用用途に応じたセンサを切り替えることや、センサが効率的に情報を取得できる配置の提案ができればスマートホームなどでIoTデバイスを利用しやすくなる。そのためにはIoTデバイスの位置情報を知る必要がある。本研究では普及の進むメッシュWi-Fiを利用し、家庭におけるIoTデバイスの位置を確認可能にする。メッシュWi-Fiの環境下に存在するWi-Fiアクセスポイントの電波強度を測定することでスマートフォンの相対座標を取得し、その情報から相対角度を導きスマートフォンの画面上に視覚化するシステムを提案する。

1. はじめに

IoT化の問題点の1つとして「IoTの導入を先導する組織・人材の不足」[1]が挙げられる。一方で、家庭で使えるIoTデバイスの総数は増加していく[2]。以上のことから、今後IoT化を進めるためには専門知識のない人でもスマートホームなどでIoTデバイスを利用し、新しいデバイスを追加する事や既に存在するデバイスの機能を変更する事ができるようになることが課題と考える。増加するIoTデバイスの状況、位置を視覚的に確認することができ、機能の選択や効率的なIoTデバイスの配置の提案を行うことでできればこの課題は解決できる。従来のIoTデバイスの管理方法はセンサノードとの通信に注目して、取得する情報のみを表示するものが主体だが、本研究ではIoTデバイスの位置に注目し、スマートホームをはじめとした家庭での利用を想定したIoTデバイスの位置確認手法を提案する。

2. 研究の主旨

2.1. Wi-Fiを用いた測位

スマートフォン(iOS)の相対座標を測位する方法としてはBluetoothを用いたビーコン測位や、タグを用いたものなど様々な種類が存在する。コロナウイルスの拡大によってリモートワークが増加し、安定した回線速度を維持するためにメッシュWi-Fi[3]を取り入れる団体が増えてきている。今後、家庭でもメッシュWi-Fiが普及していくことを予測し、本研究ではWi-Fiアクセスポイントが複数ある環境を想定した測位であるWi-Fi測位[4][5]を利用する。この方法は他の測位方法と比較すると、約0.5mの誤差が生じ正確な測定ができないことが欠点として挙げられるが具体的な誤差については3節で述べる。

2.2. スマートフォンの方向検出

本研究では図1(右)のようなAR表示をするために方向検出が必要となる。こちらは受信角度(AoA)や放射角度(AoD)を利用した方向検知と同様の手法をWi-Fiを用いて行う[6]。また、本研究ではスマートフォンを用いた測定になるためスマートフォン自体のジャイロ機能も併用することで遅延による誤測定を回避する。

2.3. ARによるIoTデバイスの可視化

2.1節で述べた位置座標、2.2節で述べた方向情報を統合し、直感的にIoTデバイスの位置を確認するために本研究では図1(左)のようなマップ表示と、AR表示を行い、IoTデバイスの位置を可視化する。



図1: デバイスの位置の表示方法

3. 提案と実装及び測定結果

3.1. 事前に登録する情報

本研究ではアクセスポイント3つとIoTデバイス1つを使用し、それぞれの位置は事前に登録しておくものとする。システムとして実装する際にはこの登録方法も効率の良いものを考える必要があるが、本研究ではあくまで角度を取得し表示することに焦点を合わせているため手動で登録を行うものとする。登録する情報は図2のようにアクセスポイントの1つを基準としてそこから残り2つのアクセスポイントまでの相対座標をそれぞれ (x_1, y_1) , (x_2, y_2) として、基準のアクセスポイントからIoTデバイスの相対座標を (x_3, y_3) とする。

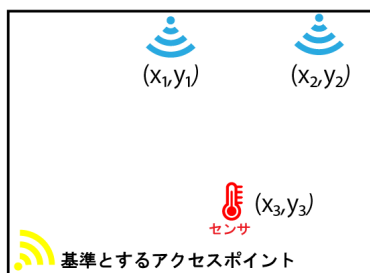


図 2: 登録する情報

3.2. スマートフォンの相対座標と角度測定及びその誤差

スマートフォンの座標は2.1節で述べたWi-Fi測位を用いて測定を行う。3つのアクセスポイントからの距離を電波強度の減衰率から推定し、図3のように測定した距離を半径とした円の交点がスマートフォンの相対座標 (X, Y) とする。図3では平面で表しているが実験時にはz座標を追加して測定を行うため高さのずれによる誤差は考えなくても良い。また、図3にある θ_1 はスマートフォンの機能を用いて電波の受信角度を測定することで得ることができる。受信角度の測定には2秒程度の時間がかかり、その間に動いてしまうと正しい値を取得できなくなるため基準の測定のみこの測定で行い、その後はスマートフォンのジャイロ機能を用いて θ_1 を逐次更新するものとする。しかし、電波の減衰率が周りの環境や湿度などで変化してしまうため表1程度の誤差が生じることがある。

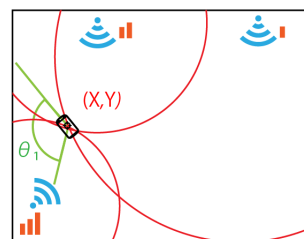


図 3: 相対座標, 角度測定

	相対座標 (X m , Y m)	角度 (θ_1°)
実際の数値	(2.7 , 4.5)	59.0
測定結果	(2.9 , 4.8)	58.7

表 1: 測定結果の誤差

表1の測定結果は1つの環境で時間を変えて20回の測定を行った結果の平均であり、この測定では誤差は無視できる程度であることがわかる。より多くの環境で同様に正確な値を測定できるか確認することが今後の課題となる。

3.3. 相対座標変換の詳細

3.1節で登録したアクセスポイント、IoTデバイスの相対座標と3.2節で測定した相対座標、角度を変換してスマートフォンの向いている方向に対してのIoTデバイスの角度である θ_2 を求める。

$$\theta_2 = \theta_1 + \tan^{-1} \frac{|x_3 - X|}{|y_3 - Y|} + \tan^{-1} \frac{X}{Y}$$

という式で求めることが可能である。具体的には、基準のアクセスポイントに対してIoTデバイスが $(x_3, y_3)=(3m, 1m)$ 、スマートフォンが $(X, Y)=(1m, 4m)$ の位置にあり、 $\theta_1=100^\circ$ の場合は、スマートフォンから見たIoTデバイスの方向は約 148° という数値を求めることができる。このように θ_2 を求めた後、スマートフォンの方角をジャイロを用いて検出してスマートフォンの方角に対するIoTデバイスの相対角度を更新する。更新した角度が閾値以下なら図1(右)のように空間に色を表示させて位置を確認できるようにする。

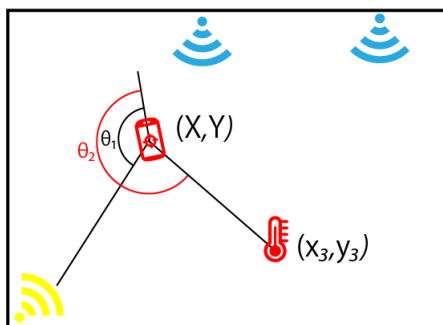


図 4: 相対座標の変換イメージ

4. 今後の課題と展望

相対座標の登録の仕方や、複数のIoTデバイスに対応させるなどの課題もあるが最も重要だと考えている課題は3.2節でも述べた「多くの状況で安定した測位を行う」ことである。現状では自宅などの限られた状況でのみの測定となっているので、複数階層がある状況や、回線が安定しない状況での測定などを行うことでこの手法の問題点を洗い出していく。一方で、今後家庭でも複数のIoTデバイスを利用することや、1つのIoTデバイスが複数種類のセンサを内蔵していることが当たり前になってきた時に本研究で提案した手法は役に立つと考える。具体的には、同種類のセンサーを内蔵したIoTデバイスを近くに配置しないように効率的な配置場所の提案を行うことや、図5のようにIoTデバイスごとに管理するのではなく、IoTデバイスの位置を知らなくても機能を切り替えることやセンサーが取得した情報を確認することができるようになる。このようにデバイスとサービスを分離させた「家庭用IoTデバイスの見える化」というものを目標に本研究を続けていく。また、視覚に障害を持つ人向けに駅でトイレの位置をアナウンスするように自分の位置を音声で知らせるようなシステムにも利用できるかと考えているため、他にも利用できるような分野がないかを模索していく。

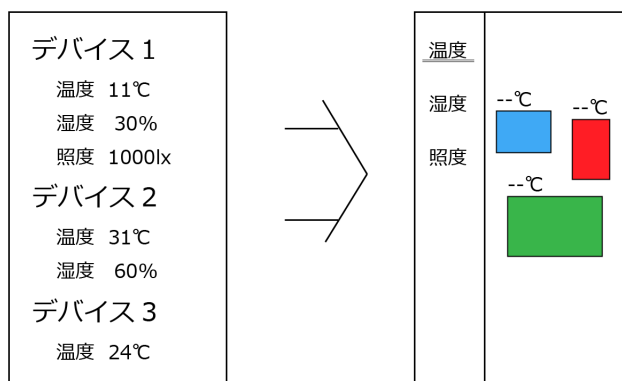


図 5: サービスの分離イメージ

参考文献

- [1] 総務省-平成30年版—情報通信白書
<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/h30/html/nd132220.html>
- [2] 総務省-令和元年版 情報通信白書-IoT デバイスの急速な普及
”<https://www.soumu.go.jp/johotsusintokei/whitepaper/ja/r01/html/nd112120.html>”
- [3] 阪田 史郎, 青木 秀憲, 間瀬 憲一 「アドホックネットワークと無線LANメッシュネットワーク」 電子情報通信学会論文誌 2006/6 Vol. J89-B No.6
- [4] 花田 雄一, 肥田 一生, 森 信一郎 「個人向け屋内外シームレス測位に向けたWi-Fiを使用した屋内測位技術の屋外への適用検討」 情報処理学会論文誌 コンシューマ・デバイス&システム (CDS) 5(4), 2015-10-03
- [5] 谷内 大祐, 前川 卓也 「位置フィンガープリントの自動更新を用いた電波環境変化に頑健な屋内位置推定手法」 情報処理学会論文誌 55(1), 2014-01-15
- [6] Nir Dvorecki, Ofer Bar-Shalom, Yuval Amizur 「AoD-based Positioning for Wi-Fi OFDM Receivers」 ION GNSS+ 2017 Sept. 25-29, 2017