

# ワイヤレスセンサネットワークにおける混雑度推定手法に関する研究

松本 直也 (インテリジェントネットワークング講座)

## 1 はじめに

近年のスマートフォンや IoT デバイスの登場で電波を用いたトラフィックが膨大に増え続けている。筆者は、通信に使用している電波を利用して空間やユーザの情報をセンシングするワイヤレスセンシングに取り組んでいる。ワイヤレスセンシングが実現されることで、通信システムとセンシングシステムを統合的に扱うことができる。本稿では、時刻同期を行った複数の IEEE 802.15.4 端末を用いて取得した RSSI (Received Signal Strength Indication) を利用した人の混雑度推定手法を提案する。

屋内の混雑度推定は日常生活において多くの活用が見込まれる。本稿における混雑度推定とは、空間内に存在するユーザ数を推定することと定義する。日常での利用を考えた場合、ユーザ側の負担が軽く、プライバシーの問題がなく、設置の自由度が高い手法が求められる。

## 2 混雑度推定手法の提案

本稿では、IEEE 802.15.4 端末の取得する RSSI を利用した手法を提案する。設置されたセンサーノードから収集した RSSI のデータを利用して混雑度を推定することで、ユーザが特定の端末を所持する必要がなく、プライバシーにも問題がない。また、センサーノードは小さいため設置の自由度が高い。

端末はセンサーノードとシンクノードに分かれている。センサーノードは端末間 RSSI を収集する。端末間 RSSI は他のセンサーノードから送信された計測用パケットを受信した時の RSSI を表す。センサーノード間を人が通過すると、伝搬路を人が遮ることによって受信側での端末間 RSSI が弱まるため、端末間 RSSI を調べることで人の有無を推定できる。端末間 RSSI は人の移動の他に温度や湿度などによって変化する。分散を取ることで環境変動による端末間 RSSI の変化の影響を小さくできる。Algorithm 1 に混雑度推定アルゴリズムを示す。S はセンサーノードの集合、 $\sigma_{sum}^2$ 、 $\overline{\sigma^2}$  は計算用の変数、 $u$  は推定された混雑度を表す。getVariance( $x, y, T$ ) はセンサーノード  $x, y$  間における過去  $T$  秒間の端末間 RSSI の分散を計算する関数である。

## 3 評価

Algorithm 1 における  $T$  の値を 600 に固定して評価した。2017 年 11 月 28 日の 10 時から 12 月 1 日の 10 時まで、大

### Algorithm 1

```

1: for  $x$  in  $S$  do
2:   for  $y$  in  $S$  do
3:      $\sigma_{sum}^2 + \leftarrow \text{getVariance}(x, y, T)$ 
4:   end for
5: end for
6:  $\overline{\sigma^2} \leftarrow \frac{\sigma_{sum}^2}{|S|^2}$ 
7: if  $\overline{\sigma^2} \leq \gamma$  then
8:    $u = 0$ 
9: else
10:   $u \leftarrow \lfloor \alpha \times \overline{\sigma^2} + \beta + 0.5 \rfloor$ 
11: end if
    
```

阪大学大学院情報科学研究科 6F の研究室内で端末間 RSSI と在室人数のデータ収集を行った。端末間 RSSI のデータ収集のためにシンクノード 1 個とセンサーノード 10 個を研究室内に設置した。図 1 にシンクノードとセンサーノードの設置場所を示す。

図 2 に端末間 RSSI の分散と実際の在室人数のグラフを示す。図 2 から人がいるときに分散が大きくなり、人がいない時に分散が小さくなるのがわかる。しかし、11 月 28 日の 15 時から 16 時 30 分までの間は在室人数に対して、分散の値が大きい。これは、端末間 RSSI が Wi-Fi などの電波の影響を受けているからだと考えられる。実験により得た端末間 RSSI と実際の在室人数のデータを用いて混雑度推定手法の評価を行った。実際の在室人数と端末間 RSSI から推定された混雑度が一致する確率を元に混雑度推定手法を評価した。実験結果から Algorithm 1 における  $\alpha, \beta$  の値を  $\alpha = 0.83, \beta = 0.65$  とした。推定人数に幅を持たせるため実際の在室人数が  $u - \delta$  と  $u + \delta$  の間に存在するかどうかを  $\delta$  の値を変化させて評価した。

図 3 に実際の在室人数と推定した人数とのグラフを示す。図 3 の結果を基に人の有無の推定と混雑度の推定の 2 つの推定精度を評価する。実際の在室人数と推定人数を比べた結果、人の有無の判定については、約 92% の確率で正しい推定ができた。混雑度推定については  $\delta = 0$  の時に約 56% の確率で正しい推定ができた。また、 $\delta = 3$  の時に約 87% の確率で正しい推定ができた。

## 4 おわりに

本稿では屋内におけるデバイスフリーな混雑度推定手法を提案した。現在、Wi-Fi の電波の影響や人座っている場所などより細かい視点での研究を進めている。

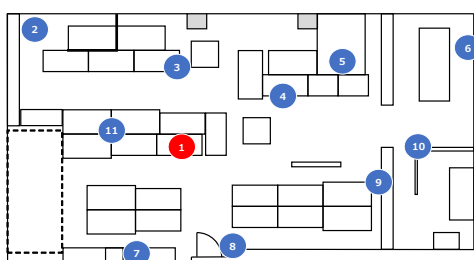


図 1: センサノード・シンクノードの設置位置

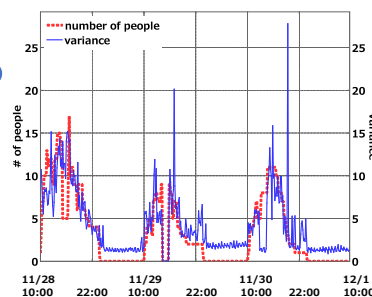


図 2: 端末間 RSSI の全体の分散と実際の在室人数の時間変化

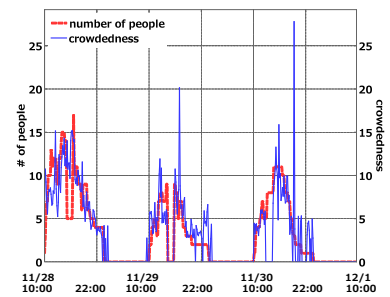


図 3: 推測による人数と実際の在室人数の時間変化