

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

インテリジェントネットワークング講座 渡辺研究室

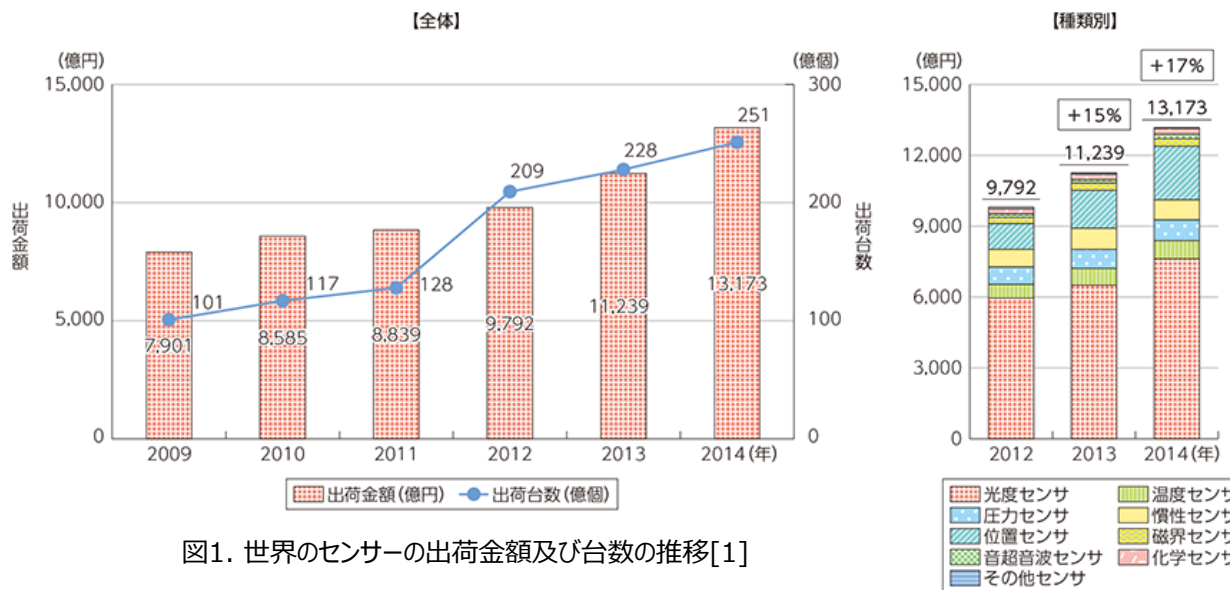
08D14135 松本直也

2018年2月19日

卒業研究報告会

研究背景

- センサの出荷数の増加
 - センサを用いた様々なサービスへの期待が高まっている
- 混雑度を用いたサービス
 - マーケティングへの応用
 - 侵入検知



研究背景

- 既存の混雑度推定手法
 - 空間情報と各ユーザの位置情報から混雑度を推定する手法
 - GPS
 - Wi-Fi, Bluetooth
 - 加速度センサ

特定のデバイスを持つ必要がある, 管理コスト

- 直接混雑度を推定する手法
 - カメラ
 - 赤外線センサ

プライバシーの問題, 設置場所の制限, 管理コスト

研究目的

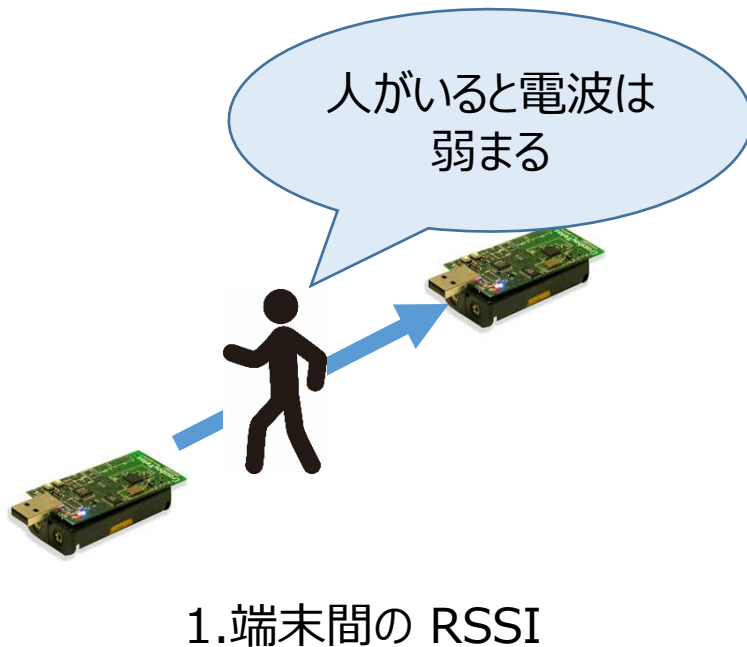
- 混雑度推定における課題の解決
 - ユーザ側の負担が軽い
 - プライバシの問題がない
 - 設置の自由度が高い
 - 管理コストの軽減
- 解決策
 - ワイヤレスセンシングを用いた管理コスト, 設置コストの削減
 - デバイスフリーな推定手法
 - 通信における電波を用いたコストの削減

デバイスフリーな混雑度推定手法
通信における電波を用いた混雑度推定手法

複数のIEEE 802.15.4端末を用いた電波環境のセンシング

部屋の各地点にセンサーノードを配置し 2 種類の RSSI を計測

1. 端末間の RSSI(デバイスフリー)
2. 周辺の RSSI(通信を利用)



端末間 RSSI を用いた混雑度推定手法の提案

- ノイズの軽減
 - 人の通過によるRSSIの変動は温度や湿度など環境によるRSSIの変動と比べ瞬発的で大きいいため, T秒毎に端末間RSSIの分散をとる
- 混雑度推定
 - 複数人の人がいると複数の端末間RSSIの分散の値が大きくなるため, 全ての端末間RSSIの分散の平均値から評価

Algorithm 1

```
1: for  $x$  in  $S$  do
2:   for  $y$  in  $S$  do
3:      $\sigma_{\text{sum}}^2 + \leftarrow \text{getVariance}(x, y, T)$  ← ノード $x, y$ 間における端末間RSSIのT秒間の分散
4:   end for
5: end for
6:  $\overline{\sigma^2} \leftarrow \frac{\sigma_{\text{sum}}^2}{|S|^2}$  ← 全ての端末間RSSIの平均
7: if  $\overline{\sigma^2} \leq \gamma$  then
8:    $u = 0$  ← 人の有無判定: 閾値 $\gamma$ 以下の場合人がいないと判断
9: else
10:   $u \leftarrow \lfloor \alpha \times \overline{\sigma^2} + \beta + 0.5 \rfloor$  ← 人数推定: 全端末間RSSIの平均値を利用
11: end if
```

場の RSSI を用いたデバイス数推定手法の提案

- ノイズの除去
 - 全体の場のRSSIの平均値が閾値 ϵ よりも小さければ電波が取れていないと判断
- 正規化
 - 各データ毎に最小値を減算することで正規化
- デバイス数推定
 - デバイスの存在する位置によって電波状況に傾向ができると仮定の下、T秒ごとにX-means法を用いてクラスタリングし、クラスタ数で評価

X-means法^[2]

クラスタ数を自動で決定しながらクラスタリングする手法

クラスタ数はBICを用いて判断

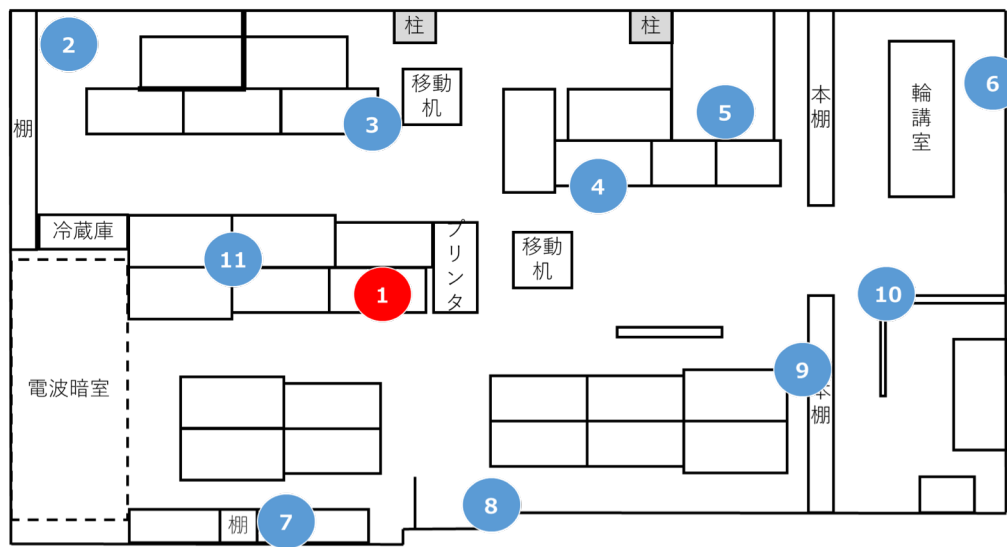
$$BIC = -2 \times \ln L + k \times \ln n$$

(L : 尤度関数の最大値, k : パラメータ数, n : データ数)

[2]PELLEG, Dan, et al. X-means: Extending k-means with efficient estimation of the number of clusters. In: *Icml*. 2000. p. 727-734.

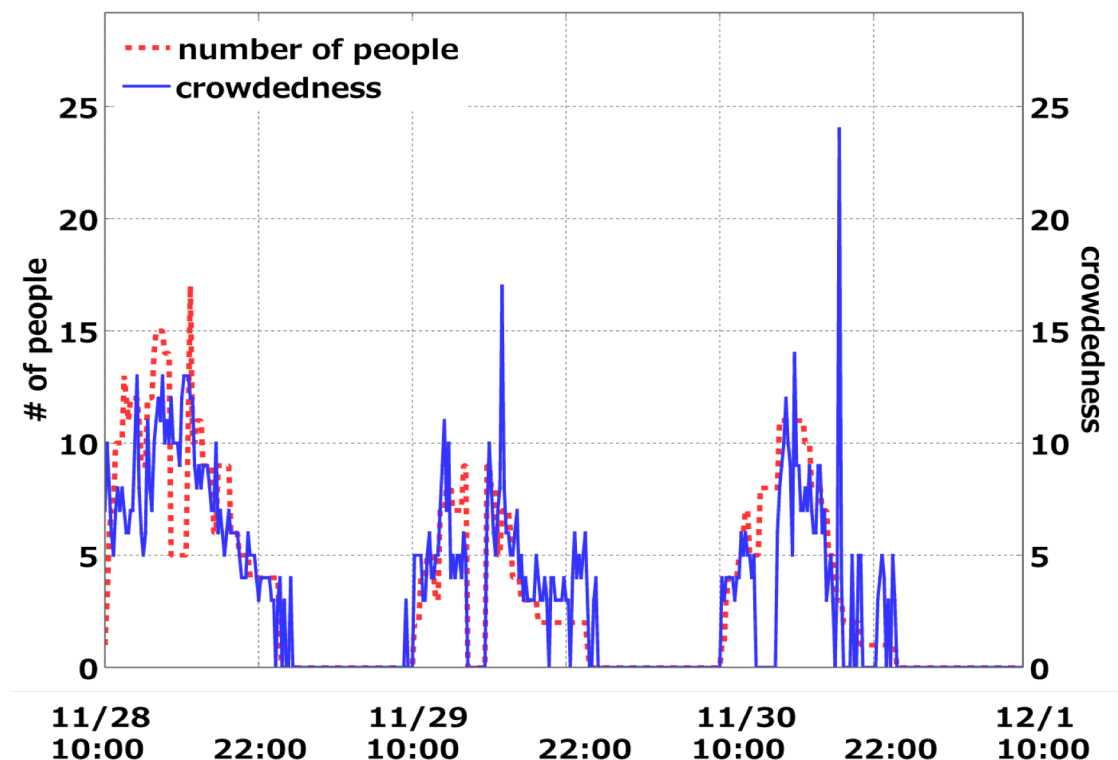
実験

- 時間・場所
 - 2017/11/28 - 12/1 渡辺研究室
- 使用センサノード
 - CC2650MODA^[3]
- 閾値設定
 - 混雑度推定 : $T=600, \alpha=0.83, \beta=0.65, \Gamma=2.5$
 - デバイス数推定 : $\varepsilon=-92$



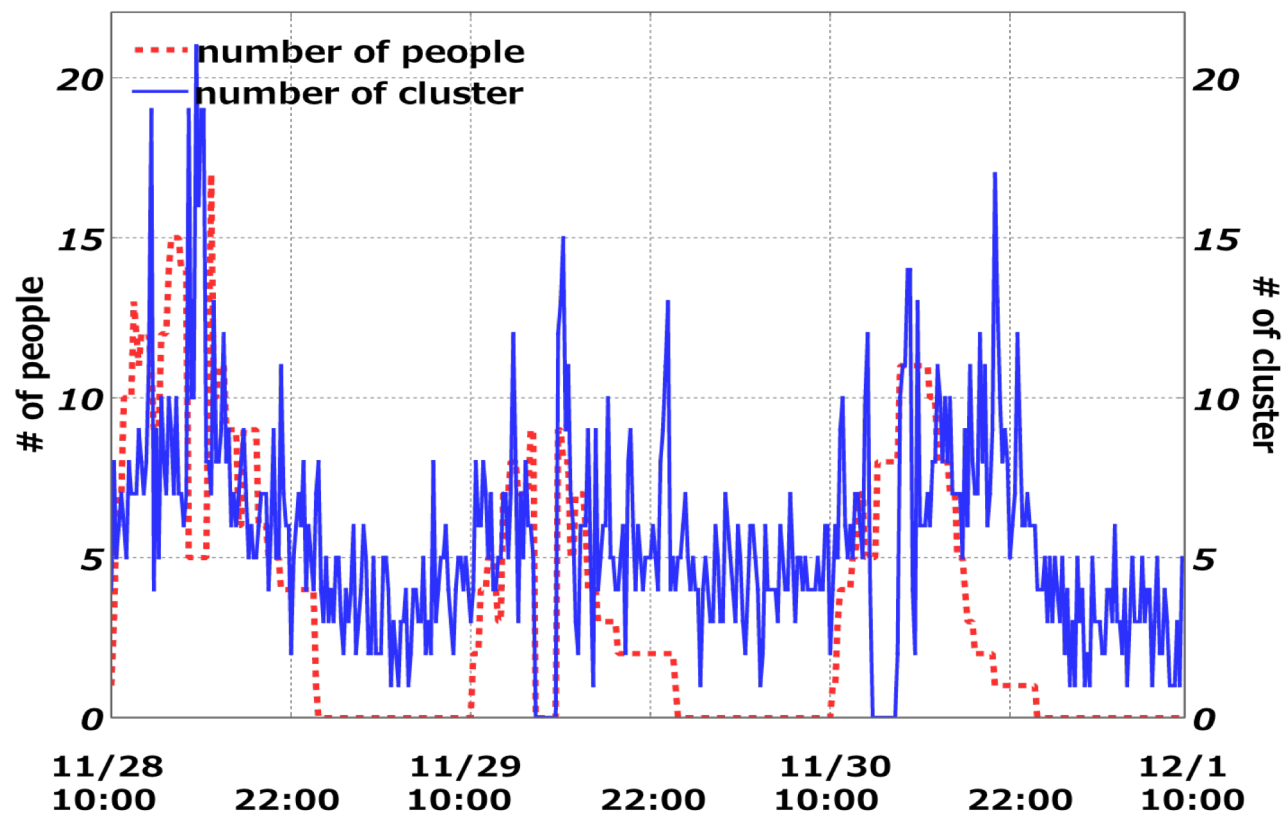
[3] www.tij.co.jp/product/jp/CC2650MODA

端末間 RSSI を用いた混雑度推定手法の評価



- 実際の人々の人数と全端末間RSSIの平均値の相関係数は0.71
- 人の有無判定については92%の確率で正しい推定ができた
- 推定人数と実際の人数が一致する確率は56%であった
- 2人までの誤差内に収まっている確率は79%であった

場の RSSI を用いたデバイス数推定手法評価



- 昼の時間帯はクラスタ数が多く、夜の時間は少ないため関係性があることが分かった

まとめと課題

• まとめ

- 混雑度推定手法の提案
- 提案手法
 - 1つのシンクノードと複数のセンサーノードを配置しRSSIを所得
 - 端末間RSSIの分散から人の混雑度を推定
 - 周辺RSSIからデバイス数を推定
- 評価
 - 端末間RSSIを利用して約92%の確率で人の有無の推定ができた
 - 最大人数17人の環境において2人までの誤差なら約79%の確率で混雑度推定ができることが分かった
 - 周辺RSSIからデバイス数を推定できる可能性があることが分かった

• 今後の課題

- 電波暗室における実験
- 推定アルゴリズムの強化による精度向上