

電波強度を用いた屋内環境向け人検知システムの開発

林原めぐみ[†] 藤井雅弘[†] 渡辺裕[‡]宇都宮大学大学院工学研究科情報システム科学専攻[†]

1 はじめに

近年、エコロジーの観点から家庭内における省エネルギーが求められており、照明やテレビなどの家電製品の電源管理に人検知システムを利用したものが多く存在する。現在、人検知システムに利用されている人検知センサの多くは、人体から発生する赤外線を利用して、しかし、赤外線は直進性が強く、途中で障害物があるような見通し外では、遮断されてしまいセンサに到達しないため、検知できないという問題点がある [1]。そこで、放送波や無線 LAN 等の電波を利用した人検知方法が提案されている [2][3]。電波は赤外線と比べて、障害物の背後へ回り込む性質が強い [1] ため、見通し外での人の存在検知の可能性が向上する。放送波を利用した場合、電波が屋外から屋内へ窓等を介して侵入するため、屋外の物体等の移動の影響を受けるという問題点がある。また、無線 LAN を利用した場合は、伝搬環境とデータレートによって送信電力が変動し、受信電波強度 (Received Signal Strength Indicator:RSSI) に影響を及ぼすという問題点がある。

そこで、本研究では送信電力が一定である専用の送信端末を利用して、RSSI を用いた人検知システムの提案と開発を行い、また、人の存在判定手法について検討する。

2 提案システム

図 1 に提案システムの構成を示す。本システムは定期的に電波の送信を行う送信端末と、RSSI の取得を行う受信端末、取得した RSSI の蓄積・処理を行うサーバから構成される。

まず、送信端末が一定時間毎に電波を送信し (1)、受信端末が電波を受信し、取得した RSSI をサーバへ送信する (2)。サーバが RSSI データを蓄積し、人の存在判定処理を行う (3)。本システムの使用例として、家電の制御が挙げられる。人の存在判定の結果を利用することで、各種家電製品の電源、設定管理が可能である。

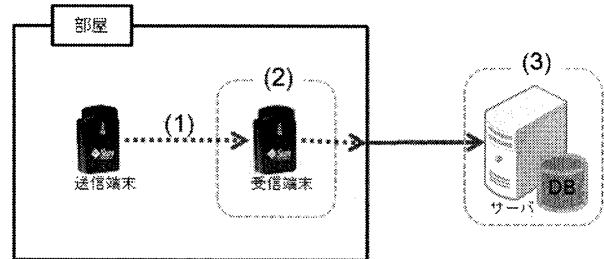


図 1: 提案システムの構成

3 人の存在判定手法

本論文では、サーバに蓄えられた RSSI 時系列を用いて、その Peak to Average Power Ratio (PAPR) に基づく新しい人の存在判定手法を提案する。

3.1 分散値法 (従来手法)

分散値法は、[3] で提案されている手法であり、RSSI 時系列の分散値を用いて人の存在判定を行う手法である。時刻 i での RSSI を P_i [mW] とする。ここでは、時刻 $t - N + 1$ から時刻 t までの N 個の連続する RSSI 時系列を用いるものとし、 N 個の標本を得るための区間を標本区間と呼ぶ。時刻 t での RSSI の分散値は、

$$\sigma_t^2 = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t \{P_i - \bar{P}_t\}^2 \quad (1)$$

で与えられる。ここで、 \bar{P}_t は、標本区間内での平均 RSSI であり、

$$\bar{P}_t = \frac{1}{N} \sum_{i=t-N+1}^t P_i \quad (2)$$

で定義される。但し、 $t \geq N - 1$ が満たされるものとする。この分散値を人の存在によって RSSI 時系列が擾乱されている程度と考え、それがある閾値よりも大きい場合、システムは人が存在すると判定する。

3.2 PAPR 法 (提案手法)

PAPR 法では、時刻 t での PAPR を

$$\text{PAPR}_t = \frac{\max_{i=t-N+1, \dots, t} |P_i - \bar{P}_t|}{\bar{P}_t} \quad (3)$$

で定義する。PAPR も分散値と同様に、RSSI 時系列の変動を捉える指標と考えられ、 PAPR_t がある閾値よりも大きい場合、人が存在すると判定する。

A Study on Person Detection System for indoor area using Received Signal Strength Indicator

[†]Megumi Hayashibara, [†]Masahiro Fujii, [‡]Yu Watanabe

[†]Department of Information Systems Science, Graduate School of Engineering, Utsunomiya University

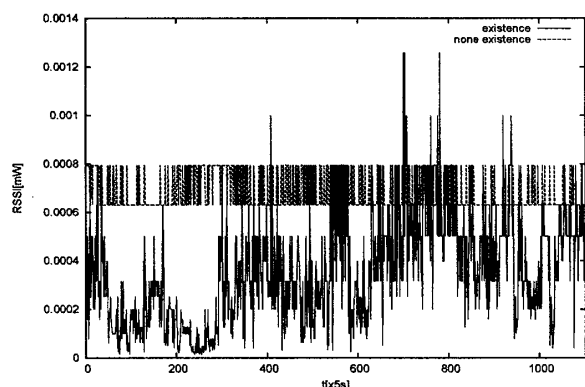


図 2: 実験結果

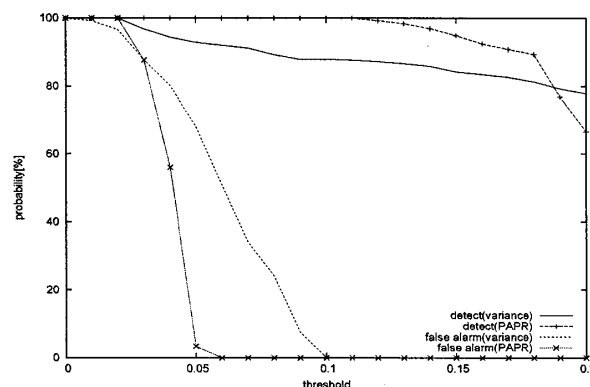


図 3: 検出確率と誤警報確率 (N=40[s])

4 人の存在判定手法の検証

4.1 RSSI 時系列の取得

人の存在判定手法の検証を行うために、RSSI 時系列の取得を行う。RSSI 時系列取得は、宇都宮大学情報工学棟 2 階演習室で行い、人が存在する場合としない場合を別々に取得した。送受信端末間距離は約 2[m] で、人が存在する場合には、送受信端末間の見通しを横切る移動や、周辺のランダムな移動を常時行った。送信電力は $-3[\text{dBm}]$ に固定し、5[s] 毎に受信端末に向けてシーケンス信号を送信した。

取得された RSSI 時系列を図 2 に示す。人が存在する場合は RSSI の変動幅が大きく、人が存在しない場合は RSSI の変動幅が小さいことがわかる。

4.2 人の存在判定精度

図 2 の取得結果を用い、人の存在判定を行った場合の判定精度に関して議論する。ここでは、人が存在する場合にシステムが人が存在すると判定する確率（以降、検出確率）と、人が存在しない場合にシステムが人が存在すると判定する確率（以降、誤警報確率）を用いて評価する。検出確率と誤警報確率はトレードオフの関係にあり、検出確率を高くしようとすると誤警報確率は高くなり、誤警報確率を低くしようとすると検出確率は低くなるため、適切な閾値設定が必要である。

まず、3.1 節で示した分散値法と、3.2 節で示した PAPR 法を、図 2 の RSSI 時系列に適用する。

図 3 と図 4 に最大値を 1 に正規化した分散値、PAPR に対して、人の存在検出のための閾値を 0 から 0.2 まで変化させた場合の検出確率と誤警報確率を、標本区間 $N = 40, 120[\text{s}]$ の場合に関してそれぞれ示す。図 3 から、分散値法と比べて、PAPR 法では閾値の増加にともなう検出確率の低下が小さいことがわかる。また、閾値の増加に伴う誤警報確率の改善も PAPR 法の方が優れていることがわかる。図 3 と図 4 を比較すると、標本区間 N が大きい場合の方が、PAPR 法によって誤警報確率をより低く抑えることができることがわかる。

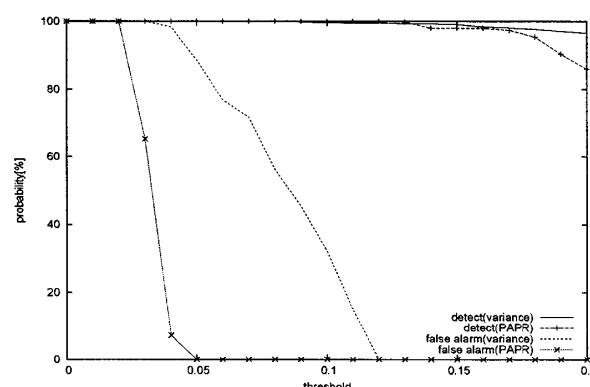


図 4: 検出確率と誤警報確率 (N=120[s])

同程度の高い検出確率、低い誤警報確率を達成する閾値区間は分散値法と比べ、PAPR 法の方が広い。従って、PAPR 法を用いて適切に閾値を設定することにより、分散値法より有利に人の存在検知が可能であると考えられる。

5 まとめ

本稿では、RSSI を用いた人の存在検知システムを提案し、分散値法と PAPR 法の人の存在判定精度の比較を実験的に行った。その結果、分散値法と比較し、PAPR 法を用いることで、存在判定精度の大幅な改善が可能であることを示した。

今後の課題として、様々な環境での RSSI 時系列データを収集し、提案手法を適用した場合の人の存在判定精度の検証を行うことが挙げられる。

参考文献

- [1] 総務省, "電波と安心な暮らし", http://www.tele.soumu.go.jp/resource/j/ele/body/emf_pamphlet.pdf, pp.3, 2007.
- [2] 西, 他, "TV 放送波を用いたヒト検知システムへの時間ダイバーシチ適用効果", 信学総大, B-1-34, 2007.
- [3] 平澤, 他, "無線 LAN ビーコン信号を用いた人検知方法に関する検討", 信学総大, B-20-26, 2009.