

博士請求論文審査要旨

情報セキュリティ大学院大学
情報セキュリティ研究科

論文題目 : 受信信号強度に基づく信号源位置の効率的探索の研究
申請者 : 石井 和行
審査委員会 : 主査 教授 大久保 隆夫
副査 客員教授 佐藤 直
副査 教授 土井 洋
副査 教授 松井 俊浩

I. 論文内容の要旨

携帯電話, Wi-Fi などのワイヤレス通信が普及したことで, その信号源の位置を精度良く, 効率的に探索するニーズが増大している. 電波信号源を見つけることで遭難者を発見したいという応用もある. 電波信号源の探索法はいくつか提案されているが, 本論文は, 最も簡単に計測できる受信信号強度 (RSSI) だけを用い, 無指向性アンテナだけを持つ単一の受信ノードによるなるべく少ない回数の計測で信号源を発見する手法を提案している.

本論文は, “受信信号強度に基づく信号源位置の効率的探索の研究”と題し, 6章からなり, 信号源位置を単一の受信者が探索するシングルホップ探索と, 複数の受信者が並行して探索するマルチホップ探索を扱っている.

第1章は, 本研究の位置づけ, 問題の定義, 研究の目的に続き, 信号源位置探索手法を広くサーベイし, 解法を分類している. 第2章では, 信号源への接近・離反を信号強度から直ちに判断するのではなく, 雑音の影響を避けるために判定を猶予するアイデアについて論じている. 第3章では, 直線的な移動をしながら RSSI を計測し, RSSI のばらつきを考慮して方向転換することで巡回しながら信号源に近づくシングルホップ探索を検討している. 学術的によく使われる無線環境モデルにおいてノイズやばらつき量を変動させながら探索のシミュレーションを行った. ばらつきに応じて判定までの猶予を延ばすことで, 安定して信号源に近づけることを示した. 第4章では, 計測のばらつき統計量は確定がむずかしいので, より簡便に RSSI 変化が単調に続く回数から判定猶予回数を決める方法を提案し, 計算機シミュレーションを行った. 第5章は, 上記の信号源探索手法を探索ノードが複数あるマルチホップ接続に拡張し, 信号源をチームで探索する場合の効率よい探索法を提案する. 第6章結論は, 提案法の性能を誤判定率と迂回率を用いて数量的に示している. 従来法の中では, DREAMS が有力であるが, 本手法はそれを上回る性能であることを述べている. また, チームによるマルチホップ探索は, 新しい提案である.

II. 論文審査結果の要旨

本論文は, RSSI を用いた信号源の効率的探索アルゴリズムを示し, その挙動をさまざまな環境でシミュレーションし, 先行研究に比べて優位性があることを示したことは高く評価できる. 手法の特

徴は、接近・離反を計測値から直ちに判定せず、RSSI の分散 σ を考慮して回数判定を遅らせることで信頼度を上げることにある。誤判定率と迂回率という評価指数を定義し、先行研究の中で最も性能が良い DREAMS をシミュレーションで再現し、本手法と比較した結果、特に高ノイズ環境では本手法は迂回率を 1/10 以下に減ずることができることを示した。これは画期的な成果である。さらに、移動する信号源をチームで探索するマルチホップ探索の問題は、ほとんど有力な先行研究が発表されていないが、ランダム探索、隣接端末探索、固定中継端末探索の 3 手法をシミュレーションし、固定中継端末探索が最も効率が高い(失敗が少ない)ことを検証した。このことも、並列探索が効率が高いとする一般的な常識に反し、目標を固定して探索範囲を狭めることが有効であることを示す、興味深い結果である。この 2 つの信号源探索手法の提案と検証および、計測データから信頼できる判断を行う一般的な方法という提案は、情報学の発展に寄与するものと評価できる。

本研究は、携帯電話の基地局や端末の位置の推定に端を発しているが、登山等の遭難者や犯罪者の探索などにも応用できる有用性を秘めており、実用的な価値がある研究である。これらのことから情報学への価値ある貢献と見なすことができる。

よって、本論文は、博士(情報学)の論文として合格と認められる。

Ⅲ. 審査経過

本審査委員会は、2020年2月3日に口述諮問を行い、その後、3月10日に最終試験審査を行った。審査に当たっては、博士学位のディプロマ・ポリシーに基づいて総合的に評価し、申請者が学位取得にふさわしい知見を持つものと判断した。