HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	Indoor Positioning Methods Based on Pre-Observation of RSSI for Office Environment [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	辻, 順平
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第11289号
Issue Date	2014-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/55732
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.1/jp/
Type	doctoral thesis
File Information	Junpei_Tsuji_abstract.pdf, 論文内容の要旨

Hokkaido University Collection of Scholarly and Academic Papers : HUSCAP

学　位　論　文　内　容　の　要　旨

博士の専攻分野の名称　　博士（情報科学）　　氏名　辻　順平

学　位　論　文　題　名

Indoor Positioning Methods Based on Pre-Observation of RSSI for Office Environment

（オフィス環境に対応した電波強度の事前計測に基づく位置測位）

屋内測位システムとは, 人の持つ端末のビーコン信号やセンサ情報を基に、端末の位置を評価するシステムのことである.

本学位論文ではオフィス環境, すなわち金属パーティションや什器等の遮蔽物があり, 物や人等のマルチパスに影響を与える要素を含んだ比較的狭い屋内環境における測位システムの構築を対象とする.

このようなオフィス環境に向けては, 電波の TOA(Time of Arrival) や赤外線の近接情報を利用した手法等の LOS(Light-of-Sight) 環境を前提とした位置情報ソリューションは先行研究において適用例がない. 一方,RSSI(Received Signal Strength Indicator) を用いた測位システムは LOS 環境を前提としない手法である. また, RF-ID や磁気カードに基づく位置検出のような能動的接触を必要とせず, 監視カメラの画像処理に基づく手法と異なりプライバシーの問題は配慮した手法である.

RSSI に基づく測位手法としては, 先行研究においてレンジベース測位, フィンガープリンティングの手法が提案されてきた. レンジベース測位とは端末間の距離に対する RSSI の伝搬特性を単一の関数に近似する手法であり, フィンガープリンティングは空間上の RSSI のベクトルを事前にサンプリングしておき測位時に観測された RSSI ベクトルと比較し位置を評価する手法である.

先行研究においてはオフィス環境, すなわち, 金属パーティションや什器等の遮蔽物があり, 物や人等のマルチパスに影響を与える屋内においては, 単一の近似関数に基づくレンジベースの測位手法は用いられてこなかった. また, フィンガープリンティングにおいては, 先行研究でフィンガープリントの配置やルータの配置が精度に影響を与えることが知られていたが, その精度を動的に最適化する手法はなかった. また, 測位対象者以外の人の動態が RSSI に基づく測位手法の精度に与える影響は明らかでなく, それを計算する方法がなかった.

そこで本学位論文は, 屋内測位システムのオフィス環境へ適用可能な測位システムのための手法拡張を目的とする. 特に (1) オフィス環境で適用可能なレンジベース測位手法,(2) フィンガープリントやルータの配置の最適化,(3) 環境にいる人が測位精度に与える影響の評価, の三点について検討する. 本論文では, この課題に対するアプローチや検証実験の結果について次の構成で述べる.

第 1 章では, 屋内測位システムについて, その基本的なアルゴリズムと従来研究における課題についてまとめる. 特に, RSSI ベースの手法の代表例であるレンジベース測位とフィンガープリンティングについてそのアルゴリズムの詳細を述べる. また,RSSI ベースの屋内測位システムの一般化についてまとめると共に, 本論文の立脚点と取り組むべき課題を明らかにする.

第 2 章では, レンジベース測位手法の拡張のための基礎計測を行った. 実計測されたデータを基に作成したノンパラメトリックな近似関数を作成する方法について検討し, その近似関数が 3 回の計測に対して一致することを示した. また, 実計測と異なる手法として FDTD (Finite-Difference Time-Domain) 解析に基づいて環境の RSSI を再現する手法を提案した. FDTD 解析は, 電磁気学的

なモデリングのノウハウと膨大なメモリ空間に基づく計算が必要となるため, 本章では情報基盤センターの大宮教授らに協力を頂いて, スーパーコンピュータによる解析を行った. その結果, 実計測と FDTD 解析の結果で近似関数が一致することを示した.

第 3 章では, 第 2 章のような連続的な実計測, もしくはスーパーコンピュータによる FDTD 解析が実現可能な条件で適用できるレンジベース測位の手法を提案した. 先行研究において, 遮蔽やマルチパスを含んだオフィス環境に対するレンジベース測位の適用例はなかった. 本章ではオフィス環境下に適用するために, 区分線形関数によって距離と RSSI の関係近似する手法を提案した. この近似関数では, 同じ RSSI の計測値に対して 2 つ以上の位置が対応してしまうという問題があるため, 人の位置は大きく移動しないという仮定に基づき, 予測分布を用いる手法であるパーティクルフィルタも併せて導入した. 本提案手法を用いることで, オフィス環境下, すなわち特に金属壁に遮られた廊下と部屋の移動を含んだ環境において 2.4m 程度の精度で測位出来ることを示した.

第 4 章では, フィンガープリントやルータの動的な最適化のための手法を提案した. 先行研究において,RSSI 空間の距離に基づいてフィンガープリントやルータを選択する手法が提案されていたが, 測位対象の位置に合わせて動的に選択できるものではなかった. 本章ではフィンガープリンティングに基づく測位の問題を, フィンガープリントやルータの配置を変数とし測位誤差を表す指標である RMSE(Root Mean Squared Error) を最小化する最適化問題として定式化した. この問題を GA(Genetic Algorithm) を用いて最適化し, 最適なフィンガープリントやルータの配置を求める手法を提案した. この手法に基づいて不要なフィンガープリントやルータの削減に成功したほか, 評価に用いるテストデータにおける位置の分布によっては最適解として得られたフィンガープリントやルータの配置が異なることを示した. また, 特定のテストデータに対応した GA の最適化においては, フィンガープリントやルータの削減によって, 精度が向上できる結果も得られた. これにより測位対象の位置に対して動的にフィンガープリントを最適化できる可能性を示した.

第 5 章では, 人の動態パターンと測位への影響を計算する手法の提案を行った. 先行研究において測位対象者以外の人の動態が RSSI に基づく測位手法の精度に与える影響は明らかでなく, それを計算する方法がなかった. 本研究では, 考え得るオフィス環境の人の動態パターンを網羅的に調査する手法を提案し, 密度・移動速度・乱雑さの取りうる動態パターンに対して RSSI とそれを用いた測位精度に与える影響を明らかにした.

本論文で示した以上の成果によって, 詳細な実計測やシミュレーションに基づく RSSI の事前計測が可能な条件においては, 先行研究では実現されなかったレンジベース測位の手法に基づくオフィス環境の測位が可能となった. またフィンガープリンティングにおいても, GA を用いてフィンガープリントやルータの配置を測位対象の位置に対して動的に最適化する手法を提案し, 精度を向上できる可能性を示した. 最後に, 先行研究において明らかでなかった, 測位対象者以外の人の動態が RSSI に基づく測位手法の精度に与える影響を, 密度・移動速度・乱雑さの取りうる動態パターンに対して明らかにした.