

京都大学	博士 (工学)	氏名	藤原 亮介
論文題目	Study on Accurate Ranging and Positioning System with UWB-IR Technology (UWB-IR を用いた高精度測距・測位システムの研究)		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>本論文は、ウルトラワイドバンド・インパルスラジオ (UWB-IR) 方式を用いたセンサネット向け測位システムに関して新しい測位方式と無線通信方式・送受信機アーキテクチャを考案し、その方式検討と評価を論じた結果をまとめたものであって、7章からなっている。</p> <p>第1章は序論であり、本論文における背景と動機及び背景技術についてまとめている。まず、ユビキタス社会実現のために重要な技術である、実世界の情報をセンシングする多数のノードで構築されるセンサネットに適用する無線技術の要件について述べている。また上記技術要件である (1) バッテリ動作が可能な低消費電力、(2) 多数のノードが利用されることによる低コスト性、さらに (3) ノードの管理を容易にする高精度位置検出機能、を満たす有望な無線技術としてUWB-IR方式を挙げ、その背景技術について述べている。また本論文の目的として、これまでノンコヒーレント型が主流であった測位向けUWB-IRに対して、CMOSプロセスでの1チップ化が可能なコヒーレント型で低消費電力化を実現する送受信機の開発と、センサネット向けとして実用性の高い測位方式の構築を目標とすることが示されている。</p> <p>第2章は新しいセンサネット向け測位方式に関してまとめている。まず、従来の測位システムとそれらの特徴に関して説明している。そして従来の測位システムと比較して、基地局又はノード間の同期を不要にし、さらにノードにおける通信が少ない回数で測位が可能であるTOA/TDOA (Time of Arrival/Time Difference of Arrival) ハイブリッド測位方式の考案を行っている。考案方式を計算機シミュレーションにより評価し、上記の条件でも測位が可能であることと、同じ通信回数では従来に比べて精度が向上することを示し、その有効性を実証している。</p> <p>第3章は提案する通信方式及び送受信機アーキテクチャについてまとめてあり、汎用CMOSによる1チップでの実装が可能で、かつ低消費電力での実装が可能なコヒーレント型の直接拡散UWB-IRの通信方式及び受信機アーキテクチャを考案している。まず、できるだけ受信機側の構成を簡単にするために、受信機における周波数同期を不要にする2段階の直接拡散方式と遅延検波型の変調方式を提案している。また、できるだけ低いパルス繰り返し周波数を採用し、受信機においてパルス繰り返し周波数と同じレートでアナログデジタル変換するアーキテクチャを採用することにより、受信機の低消費電力化を実現する方式を考案している。さらに、上記のパルス繰り返し周波数サンプリングを実現するために、シリアルサーチとマッチフィルタを併用した高速同期捕捉手法及び同期保持手法を考案している。本章で考案した通信方式及び送受信機アーキテクチャを計算機シミュレーションにより評価を行い、センサネット向けの通信として要求される性能を満たすことを実証している。</p> <p>第4章では、第3章で考案した送受信機アーキテクチャの実装検討およびテストベッドの開発・評価についてまとめている。まず、各受信ブロックの許容劣化量を想定し、それに対応する仕様を検討している。その結果からCMOS1チップによる実装が可能</p>			

京都大学	博士 (工学)	氏名	藤原 亮介
<p>であることを確認している。また上記仕様を元にテストベッドを開発して、提案する通信方式及び送受信アーキテクチャのフェージビリティを実証している。</p> <p>第5章では、測位・測距システムのための第1パス到来信号の到達時間計測方法を考案している。提案する計測方法は、第3章で提案した低消費電力を実現する受信機アーキテクチャと同期捕捉手法を利用し、各サーチにおけるマッチフィルタの最大値情報のみを波形推定に用いることによって、計測に必要なメモリ容量を削減し低コスト化を可能にする方式としている。提案する送受信機を実際にCMOSプロセスで実装し、送受信モジュールの開発を行ない、本提案方式を実現する全体システム構成とアナログ部の各部におけるアーキテクチャが示されている。また、開発したモジュールを用いて測距システムを構築し30cm以下の精度で測距が出来ていること及び30m以上で測距が可能であることを確認している。これにより、本章で提案している到達時間計測方法の有効性を実証するとともに、センサネット向けとしてのUWB-IRトランシーバモジュールの動作実証を行っている。</p> <p>第6章では、第2章で提案した測位システムを構築して実測した結果をまとめている。実測により、開発した送受信機モジュールとTOA/TDOAハイブリッド測位方式が所望の動作をしていることを確認している。具体的には、基地局間距離が4mの時に距離誤差30cm、角度誤差10度以下で測位可能である実験結果を示し、その有効性と実現性を実証した。これにより、本論文で初めてCMOS1チップで実装されたUWB-IR送受信機モジュールを用いて測位システムの実証が行われた。またさらに、実測とシミュレーションとの誤差の考察及びエラーの原因に関する考察を行い、さらなる測位精度改善に向けた実装課題も示唆している。</p> <p>第7章はまとめと結論であり、本論文で得られた成果についてまとめている。センサネット向けとしての要件を満たす送受信機モジュールの開発と、提案するTOA/TDOAハイブリッド方式の有効性を実証したことを示している。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、ウルトラワイドバンド・インパルスラジオ (UWB-I R) 方式を用いたセンサネット向けの測位システムに関して新しい測位方式と無線通信方式・送受信機アーキテクチャを考案し、その開発と評価を論じた結果をまとめたものであって、7章からなっている。本論文は、測位機能を有したUWB-I R送受信機とそれを利用した測位システムについて、センサネットに適応できるシステム構築を目標に研究した成果についてまとめたものであり、得られた主な成果は次のとおりである。

1. 従来の測位方式では、基地局間あるいは基地局・ノード間でナノ秒オーダーの高精度な同期が必要であるか、あるいは通信回数や基地局を増やして同期を不要にする必要があったが、同期が不要でかつ通信回数、基地局数を余分に必要としないTOA/TDOA (Time of Arrival/Time Difference of Arrival) ハイブリッド方式を考案した。
2. CMOSプロセスで実装可能でありかつ低消費電力な受信機構成を可能にする低パルス繰り返し周波数、2段階直接拡散方式及び差動符号化を行う通信方式を考案した。
3. 低消費電力かつ低コストで実装可能な受信機構成を考案した。特にパルス繰り返し周波数サンプリングとシリアルサーチとマッチトフィルタを併用した高速同期捕捉及び同期保持手法を考案した。
4. 上記受信機構成を利用し、簡易な構成かつ波形推定のためにメモリ量を多く必要としない第一パス到来信号時間計測手法を考案した。
5. 考案した送受信機をCMOSプロセスで1チップ化し、トランシーバモジュールを開発した。それらを用いて測距システム及び測位システムを実際に構築し、実測により評価を行うことにより考案する測位システムの実証を行った。

以上の成果を踏まえ、本論文は、これまで困難であったCMOSプロセスによる測位システム向けのUWB-I R送受信機トランシーバの開発とセンサネット向けに実用性の高い測位システム方式の考案を行っており、学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士(工学)の学位論文として価値あるものと認める。また、平成25年1月21日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。