

UWBインテリジェント測位センサーネットワークの研究開発と医療・ホーム・オフィスへの応用 (052203013)

Research and development of UWB intelligent positioning sensor network and application
to medicine, home and office

研究代表者

河野 隆二 横浜国立大学大学院工学研究院
Ryuji KOHNO Graduate School of Engineering, Yokohama National University

研究分担者

落合 秀樹[†] 森 康之[†] 関口 英紀^{††} 山田 勇^{††} 稲野 聡^{††} 藤井 彰^{††} 浅井 雅文^{††} 倉島 茂美^{†††}
Hideki OCHIAI[†] Yasuyuki MORI[†] Hidenori SEKIGUCHI^{††} Isamu YAMADA^{††} Satoshi INANO^{††}
Akira FUJII^{††} Masafumi ASAI^{††} Shigemi KURASHIMA^{†††}
[†]横浜国立大学大学院工学研究院 ^{††}富士通株式会社 ^{†††}富士通コンポーネント株式会社
[†]Graduate School of Engineering, Yokohama National University ^{††}FUJITSU LIMITED
^{†††}FUJITSU COMPONENT LIMITED

研究期間 平成 17 年度～平成 19 年度

本研究開発の概要

新たな高精度測位アルゴリズムの考案を中心に、測位センサーネットワークに適した誤り訂正方式、既存システムへの与干渉回避技術などの研究開発を行った。特に、伝搬路遅延の影響を軽減して高精度測位を実現する階層型粒子フィルタアルゴリズムを考案し、従来法に比べ大幅に測位精度を改善した。これらの技術を用いて人やモノに装着する小型移動端末（タグ）とタグからの UWB 電波を受信する固定端末（ノード）を開発し、タグ位置を高精度に測定できた。また、マルチパス環境で測位精度の劣化が小さいことを確認した。これらのシステムを医療・ホーム・オフィスで利用するアプリケーションソフトを試作し、オフィスや医療現場で有効であることを実証し、実用化の目処を得た。

Abstract

We have invented and investigated novel highly accurate positioning algorithms, error correction methods for the positioning sensor network and interference avoidance technologies, etc. Especially, we proposed a layered particle filter algorithm to improved the positioning accuracy with reduced influence of propagation delay. We have developed the such a compact mobile terminal (tag) installed in the person or the object and the fixed terminal (node) to receive UWB radio wave from the tag that can ensure feasibility of our invented algorithms with highly accurate positioning performance by hardware experiment. Moreover, we confirmed robust performance of the less positioning accuracy degradation due to multipath in a propagation channel. We have developed a prototype of application software for these systems to demonstrate commercial feasibility in office and medical sites.

1. まえがき

多数のセンサーを屋内外の環境や人・モノに設置し、無線ネットワークでセンサーデータを収集し、リアルタイムに人やモノの状態を認識してサービスを提供するユビキタスセンサーネットワークが注目されている。ここで使用される無線通信技術は、他システムへの与干渉が少なく、低消費電力であり、さらに多数のセンサー位置を認識するために測位機能が求められる。非常に短いパルスを使用する Impulse Radio 型 UWB(UWB-IR)方式は、上記要求を満たすことが期待できる。そこで、本プロジェクトでは、UWB-IR 方式による測位機能付センサーネットワークについて、測位、誤り訂正、干渉低減技術等の研究を行い、その成果を用いてセンサーネットワーク端末を試作し、測位センサーネットワークを開発した。そして、医療・ホーム・オフィスへの適用実験を行い、有効性を検証した。

2. 研究内容及び成果

新たな高精度測位技術を中心に、UWB-IR を用いた測位センサーネットワークに適した誤り訂正符号化方式、既存システムへの与干渉低減技術等、理論、実用の両方の観点から、様々な研究開発を行なった。その主な成果として、

高精度測位技術では、伝搬路遅延の影響を軽減する「階層型粒子フィルタアルゴリズム」、適応的に測位誤差の少ないノードを選択する「適応的ノード選択法」を用いた測位アルゴリズム、観測データを段階的に補正することで測位誤差の影響を抑圧する「繰り返し遅延時間補償アルゴリズム」等を考案した。本研究開発において特に重要な成果である「階層型フィルタアルゴリズム」は、第一階層において各基地局ノードでの受信信号を補正し、第二階層において全基地局ノードにおける補正済みの受信信号を利用して測位処理を行う。この逐次的な二階層処理によって、ニュートン法のような従来の測位アルゴリズムと比べ、通信路特性に対してロバストな高精度位置推定が可能となる。例として、約 100 m²の屋内オフィス環境において、タグを移動させた場合の追跡実験の結果を図 1 に示す。従来法として知られるニュートン法では測位結果が大きく歪んでいるのに対し、階層型粒子フィルタアルゴリズムでは、ほぼ正確にタグの位置を追跡できていることが確認できた。この実験における平均測位誤差は、従来法が 0.64[m]であるのに対し、提案法は 0.30[m]であり、測位精度を大幅に改善できていることが分かる。また測位センサーネットワークに適した通信、誤り訂正符号化方式の主たる成果

として、センサーネットワークにおける回路実装の観点から UWB-IR 送受信系における誤り訂正符号の設計を行った。その成果として、消失を考慮した畳み込み符号が実装面においても、誤り訂正能力においても非常に優れていることを示し、その成果を試作へと反映した。

測位センサーネットワークシステムに関しては、医療・ホーム・オフィスで人やモノの位置や状態を認識するために、人やモノに装着する小型移動端末（タグ）とタグからの電波を受信する固定端末（ノード）を開発した。図 2 に開発したタグとノードの外観を示す。タグは小型、低消費電力にするため、UWB-IR 電波を送信する機能のみ実装した。最初に試作したタグは 28 mm×45 mm×15 mm のサイズであり、TH/PPM方式でタグ ID を送信する。次に試作したタグは 43 mm×48 mm×7 mm のサイズであり、加速度センサーと温度センサーを内蔵し、タグを装着した人やモノの動きや姿勢を検出できる。センサーデータは畳み込み符号を用いて符号化されノードに送信する。シミュレーションによりアンテナエレメントパターンを検討し、実装基板の形状や内蔵電池の配置を最適化した。試作したセンサータグの電波放射特性は、内蔵電池や実装部品等の影響が少なく、水平面内ではほぼ無指向性であることを実機確認した。ノードはタグからの UWB-IR 電波を受信するとともにノード間で通信や時間同期できるように送受信機能を実装した。ノード用受信アンテナは、特性改善としてアンテナに指向性を付けてアンテナゲインを約 7dB（従来比較）向上した。ノードはタグや他のノードから UWB-IR 電波を受信した時刻を高精度に求めることができるように、FPGA 内部にゲート遅延を利用した時間分解能 0.3 ns の高精度タイマを構成した。タグから送信された電波は固定設置された複数のノードで受信され、受信時刻差から TDOA 方式でタグ位置を計算する。各ノード間の時間同期は、特定のノードから定期的に UWB-IR 電波を送信し、他のノードは同期電波を受信した時刻から自ノードのタイマを補正する時間同期方式を開発した。通常のオフィス環境にて 13 m×5 m の範囲に 6 個のノードを置き、測位実験を行った結果、ニュートン法で平均誤差 17 cm と高精度に測位することができた。また、タグを人の胸に付けると人体で電波が遮蔽され、測位誤差が大きくなるが、「適応的ノード選択法」を使用することで、2.6 m の測位誤差を 0.4 m に低減することができた。ノードでは、タグ電波の受信時刻を測定するとともに、消失を考慮した畳み込み符号によりセンサーデータを受信することで、測位と通信を同時に実現している。

測位システムを利用したアプリケーションを数種類作成した。オフィスで、エリアごとに作業を分けておき、タグを付けた人の位置を計測することで、作業分析を行うソフトを開発した。また、医療現場や家庭で、タグを付けた人の位置や加速度、および、家具や器具の位置から人の状態や運動量を検知するヘルスケアソフトを開発した。人がベッド以外で倒れた時にアラームや、人の消費カロリーを表示する。さらに、開発したシステムをオフィスで用い、タグを付けた社員の位置管理の実験を行い、フリーアクセスの事務室のどの位置に社員が座っているか把握できることを確認した。また、医療現場で用い、タグを患者役と医師役の人、及び医療機器に付け、患者がベッドで寝ている様子、医師が医療機器を運ぶ様子を可視化することができ、医療行為の記録手段として有効であることを確認した。

3. むすび

UWB-IR 方式による測位機能付センサーネットワー

クシステムを開発し、医療・ホーム・オフィスに適用することが有効であることを確認した。今後、システムの低コスト化やさらなる性能向上を行い、医療・ホーム・オフィスでの実用化を目指す。

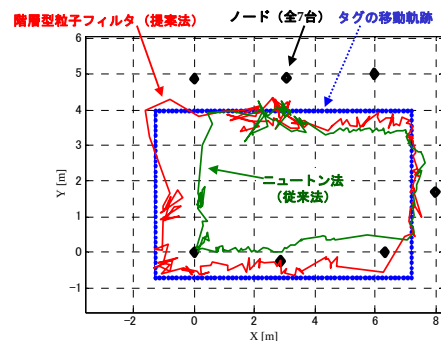


図 1 屋内測位実験結果（階層型粒子フィルタ）

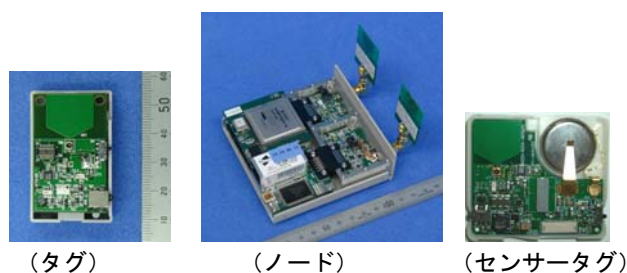


図 2 タグノード外観

【誌上発表リスト】

- [1] 谷口健太郎、河野隆二、“TDOA 型センサーネットワークにおける階層型粒子フィルタを用いた位置推定法”、電子情報通信学会論文誌 A Vol.J89-A No.12 pp.1068-1078 (2006-12)
- [2] Akira FUJII, Hidenori SEKIGUCHI, Masafumi ASAI, Shigemi KURASHIMA, Hideki OCHIAI, Ryuji KOHNO, "Impulse Radio UWB Positioning System", IEEE Radio and Wireless Symposium (Long Beach, CA, USA) (2007-1)
- [3] 浅井雅文、関口英紀、藤井彰、倉島茂美、落合秀樹、河野隆二、“IR-UWB 測位システム用センサータグの開発”、電子情報通信学会 2008 年総合大会、(北九州)、(2008-3)

【申請特許リスト】

- [1] 河野隆二、谷口健太郎、「粒子フィルタを用いた測位システム、装置および方法」、日本、2006 年 11 月 17 日
- [2] 関口英紀、藤井彰、浅井雅文、「無線測位システム」、日米、2007 年 11 月 20 日
- [3] 倉島茂美、「送受信装置」、日米、2007 年 11 月 29 日

【報道発表リスト】

- [1] “UWB の国際標準、産学連携で日本が主導”、日経コミュニケーション、2005 年 5 月 11 日
- [2] “UWB 測位システム 人やモノ、リアルタイムに特定”、日刊工業新聞、2007 年 1 月 8 日
- [3] “無線技術実用化へ 富士通 荷物の位置管理などに活用 測位システムを試作”、物流 Weekly、2007 年 1 月 29 日

【本研究開発課題を掲載したホームページ】

<http://pr.fujitsu.com/jp/news/2007/01/9-1.html>