

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 17 日現在

機関番号：12614

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2012～2015

課題番号：24560986

研究課題名(和文) センサーネットワークによる水中ロボットの運動制御のための測位システムの開発

研究課題名(英文) Positioning system for motion control of underwater robot with sensor network

研究代表者

章 ふえいふえい (Zhang, Feifei)

東京海洋大学・その他部局等・教授

研究者番号：10226293

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 4,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、水中で作業を行うロボットの位置を簡単に精度よく測定するため、音の強さが距離と共に減衰することを利用したロボットと複数の受信局間の距離測定と、受信局のGPSによる位置測定を、ネットワークにより組み合わせ、ロボットの位置を特定する方式を開発した。この方式は、1km四方の範囲で最低4台の受信局を用意すれば、約1%の精度での位置測定が可能である上、受信局を増やすことで広範囲の測定も対応できる、簡便かつ安価なシステムである。また、この位置情報をタイムリバーサル通信のような高精度通信手法を用いてロボットに送信することで、ロボットの正確な自律運動も可能となる。

研究成果の概要(英文)：We developed a new positioning system for under water robot which has easy operation and high accuracy. The principal is depending on a following fact that a power of sound decrease with distance of transition so we can know the distance between sauce and receiver with measuring difference of power of sound. When robot send a sound of constant amplitude and frequency, and measure the sound at a station, we can get the distance between robot and station. With using at least four(4) stations which are floated at surface of water and the position are measured with GPS, we can decide the robot position with 1% of accuracy in the field of 1km square. With accepting this position data, autonomous robot can complete his mission precisely.

研究分野：制御工学

キーワード：水中ロボット 音響測位 伝搬減衰 センサーネットワーク GPS タイムリバーサル通信

1. 研究開始当初の背景

水中ロボットの分野では、ロボットの効率的な利用のため、自律型・遠隔操作型の如何を問わず、水中位置を正確に知ることが不可欠な要素となっているが、トランスポンダや SSBL、慣性航法、それらの組み合わせによる方式などの従来方式は、高価かつ運用が煩雑・リアルタイム測定が出来ない等の欠点があり、現在主力の遠隔操作機、また、今後主力となる自律機のいずれにも母船の伴走が不可欠となっている。これは、これらの機器を使用する海底探査経費の高騰を招くとともに、機器の効率的な運用や、昨今、緊急性が増している広域調査の障害となっており、これに代わる効果的な測位方式が求められている。

2. 研究の目的

ロボットから発信される一定の音響信号を、水面に配置された多数の子局で受信し、信号強度の変化から子局とロボット間の距離を測定、子局間のネットワークによりロボットの位置を特定するという測定原理に基づく水中ロボットの測位システムの開発を行い、簡便・安価・高精度なリアルタイム測位システムとしてロボットの広範囲な自動活動に繋げる。

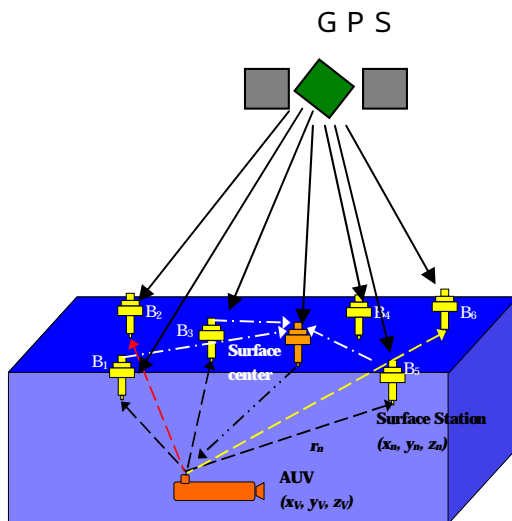


図1 センサーネットワークを用いた測位システム概念図

3. 研究の方法

本研究では、これまでの研究（発表論文1～9）により、基本原理の確立とその具体化のための基本的な知見が得られたことを踏まえ、プロトタイプシステムを構築し、実海域における基本性能の確認および実用性評価実験を行う。この実験として、まず、東京湾内におい本学練習船を用いて行い、次いで、(独)海洋研究開発機構の水中ロボットを使用し、より実際に近い状態での実験を通してその評価を行う。

平成 24 年度

プロトタイプシステムの構築

これまでの基礎研究において使用した汎用機器に代わり、水中測位システムとして、3式のステーションと1式のロボット搭載装置を制作し、基本性能の確認を行う。

平成 25 年度以降

水中測位システム評価

本学練習船を用い、東京湾において、練習船に音響信号発信システムを搭載し、その深度を変えながら移動させる。あらかじめ配置した複数の水面ステーションにより位置測定を行い、性能を評価するとともに課題の抽出をおこなう。

システム改良

抽出された課題について対策を検討し、システムの改良を行うとともに、評価実験を行い、実機を使用した実験のためのシステムとして整備する。

水中測位システム確立

(独)海洋研究開発機構の自律型無人探査機を用いて実海域において、従来方式と本方式による深度・移動体速度・水面条件等を変化させた実験を行い、精度を比較するとともに、その実用性を評価する。

更なる問題点が抽出されれば対策を検討し、海洋研究開発機構と本学の共同開発項目に発展させ、実用システムとしての確立を目指す。

研究体制

東京海洋大学

研究代表者：章ふえいふえい

研究の企画・推進・管理

海洋研究開発機構

連携研究者：渡邊佳孝

実験・解析支援

東京海洋大学

研究協力者：助手 三島 潔

システム製作支援・実験支援

研究協力者：大学院博士後期課程学生

システム製作・実験計画・実験・解析

研究協力者：学部学生

システム製作・実験・データ解析・

まとめ

4. 研究成果

プロトタイプ製作に当たり、基本システムの構成、ノイズ除去方法、位置演算方法、子局の構造・配置方法、通信の高速化と精度向上の方法、システムへの電力供給方法等、実用機としての要件に関わる細目を整理し、不十分な点に関しては確認実験を行って仕様に反映した。

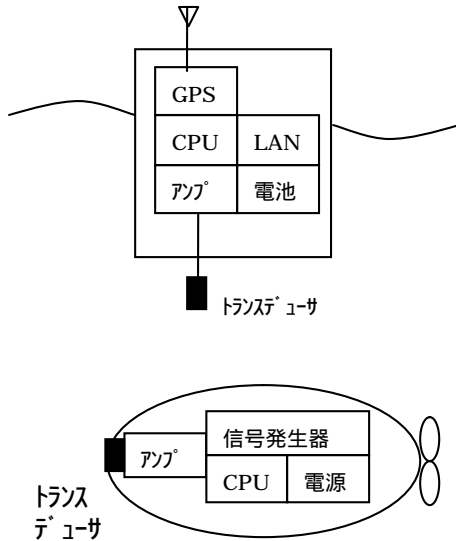


図2 システム構成

その結果、システム仕様は以下の内容となった。

信号発生器・受信器共、20kHz ~ 40kHz の帯域で平坦な特性を持つ無指向型超音波トランスデューサを使用する。

ロボットからの発信信号には、伝搬過程の状況により、反射波がノイズとして受信波に重畳する問題音波を重ね合わせた信号を使用し、バースト信号に載せて発信する。

各子局では、受信信号の数回分を平均し、伝搬距離を求め、GPS による自身の位置信号と併せ、親局に送る。

親局では、子局の位置とロボットまでの距離を用いて、ロボットの位置を推定する。

子局での演算および通信処理のため、1 チップコンピュータを利用する。

子局と親局の通信は無線 LAN による。

親局で推定したロボット位置をロボットに送信して、ロボットの運動制御に利用する。

ロボットの位置推定処理は、ロボットの移動速度に依存するが、出来るだけリアルタイム性を持たせるため、受信から推定、ロボットへの返信までを 1 秒以内に行う。

子局には、ロボットの使用時間に耐える容量のリチウムイオン電池を搭載する。

子局の数は、演算処理の簡略化のため、最低 4 台とし、実際には、トラブルと、ロボットの運動水域を考慮した台数を用意する。

これらの仕様に基づき、プロトタイプを 4 式製作し、その性能について、水槽を用いて確認した。

その結果、子局とロボットの距離について、1%程度の誤差での測定が可能である。

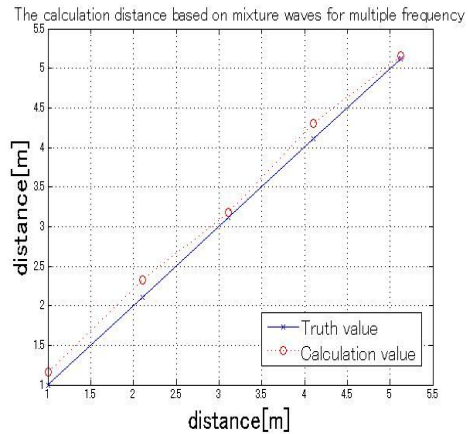


図3 測距精度

子局の位置は屋内で測定できないため、屋外で、GPS - RTK と装備の GPS の比較実験を行った。その結果、波による揺れの影響もあり、GPS は平均数メートルのずれを示し、位置推定不能となる場合もある。

ロボットへの位置データの転送が不安定でとなることがある。等の問題が明らかになった。

対応として、位置推定的方式を改め、演算不能となることのない方式とする。

ロボットへの位置データの迅速かつ確実な伝送のため、タイムリバーサル通信手法の可能性を検討する。

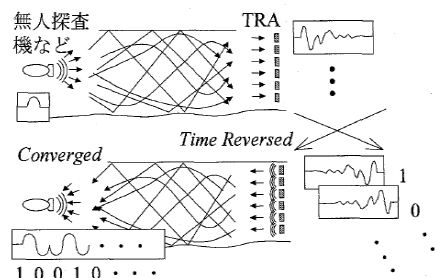


図4 タイムリバーサル通信概念

(独)海洋研究開発機構での実験(本実験)の前に、簡易型ロボットによる予備実験を実施する。
の3項目を考え、は本学において、は海洋研究開発機構との共同研究として、は(国)長崎大学との共同研究として実施することとした。

については改良済で、問題なく位置推定が可能なアルゴリズムとなっている。

については、基本原理に沿ってプログラムを作成し、本システムへの応用が可能であることを示した。

については長崎大学のロボットの完成を待ったが、本研究期間内には完成を見ず、未了である。

さらに、海洋研究開発機構での実験についても、予定期間内にはロボットの実験を組み込むことができず、1年間期間を延長して、時期を待ったが、その期間にも果たすことが出来なかった。

現在、システムは、4式の子局とロボット装備の発信システムの形で組みあがっており、遠隔操作によりロボットを動かす場合に位置測定装置として利用可能な状態にある。今後、タイムリバーサル通信技術確立し、ロボットの自律運動制御の用途に供していきたいと考えている。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計3件)

Xiujing Gao, Feifei Zhang, Masanori Ito, Kiyoshi Mishima, Ribun Onodera, Naohiro Inagawa, Ikuo Yamamoto, Prototype of Positioning System for Automatic Motion Control of Underwater Robot, Proc. of OCEANS'14, 査読有, 2014, 4ページ

Katsuya Nemoto, Feifei Zhang, Masanori Ito, Takuya Shimura, Study of Time Reversal Underwater Communication, 査読有, 2014, 4ページ

Xiujing Gao, Feifei Zhang, Masanori Ito, Underwater Acoustic Positioning System Based on Propagation Loss and Sensor Network, Proc. of OCEANS2012 in Yoesu, KOREA, 査読有, 2012, 4ページ

[学会発表](計1件)

高秀晶、章ふえいふえい、伊藤雅則、三島潔、センサーネットワークを用いた測位システムによる水中ロボットの運動制御、日本マリンエンジニアリング学会第82回学術講演会予稿集、査読無、2012, pp.53-54

6. 研究組織

(1)研究代表者

章 ふえいふえい (Zhang, Feifai)

東京海洋大学・学術研究院・教授

研究者番号：10226293

(3)連携研究者

渡邊 佳孝 (Watanabe Yoshitaka)

海洋研究開発機構・海洋工学センター・研究員

研究者番号：40359138