

機関番号：13102

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2008～2010

課題番号：20560351

研究課題名(和文)人と探査ロボットによる映像共有ネットワークのための機能的階層符号化

研究課題名(英文) Functionally Layered Coding for Video Sharing among Human and Robot via Network

研究代表者

岩橋 政宏 (IWAHASHI MASAHIRO)

長岡技術科学大学・工学部・准教授

研究者番号：30251854

研究成果の概要(和文)：障害物や空間位置を認識して、映像情報を駆動系へフィードバックすることで、遠隔操作や自律走行が可能な様々な探査ロボット・システムが開発されている。本研究では、複数の探査ロボットが編隊を組んで現場を探索し、操縦者と分析者、更には複数のロボット間で、ネットワーク通信路を介して映像情報を共有できる、新しいシステムを開発した。映像信号を時空間基底により成分分解し、特定の機能を実現するために必要最小限の成分のみを通信することで、探索現場における限られた伝送帯域での、安定な連携遠隔探索が可能となった。

研究成果の概要(英文)：So far, various types of mobile robot systems based on the self-localization techniques have been developed. This research project reduces data amount for communications via digital network to avoid congestion due to too much data flow for sharing video signal among human and robots.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,100,000	330,000	1,430,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,500,000	450,000	1,950,000
年度			
年度			
総計	3,600,000	1,080,000	4,680,000

研究分野：映像信号処理およびデータ圧縮工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・通信ネットワーク工学

キーワード：ロボット、映像通信、階層符号化

1. 研究開始当初の背景

近年、ロボットビジョンの研究により、障害物や空間位置の認識など、映像情報を駆動系へフィードバックした種々の遠隔操作や自律走行が実現されている。本研究では、複数の探査ロボットが編隊を組んで探索現場で活動し、遠隔地の操縦者や分析者と、ネットワーク通信路を介して映像情報を共有する場合を考える。この際、相互に膨大な映像情報を伝送するため、通信路の限られた伝送

帯域を圧迫し、通信が不安定となる問題がある(図1)。

2. 研究の目的

本研究では、映像を時空間基底により成分分解してから送信し、受信者とロボットが各自にとって必要最小限の成分のみを受信する。このような機能を持つ新しい階層符号化の方法を研究することで、限られた現場伝送帯域での安定した連携探索を支援する(図2)。

具体的には、隊長ロボの映像履歴と隊員ロボの側面映像との動き情報を算出することで、隊長ロボを隊員ロボが自動的に追跡する。この際、動き検出に必要な最小限の情報のみを送るために、ロボット間の狭帯域通信が可能となる。

従来のMAP生成による 自律追跡

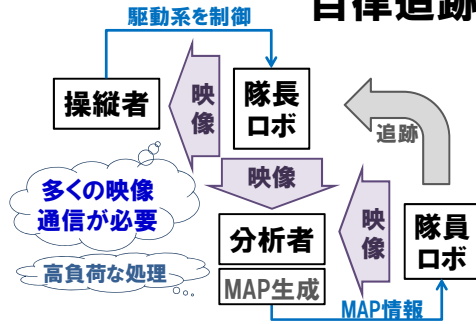


図 1

履歴画像を利用した 自律追跡

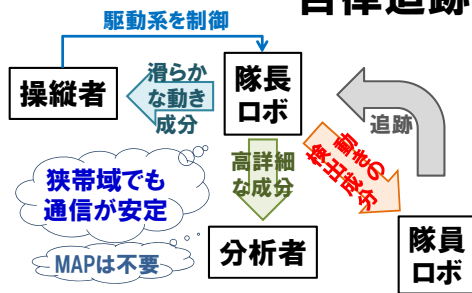


図 2

3. 研究の方法

- ・履歴画像であるパノラマ静止画像の生成において必要となる動きベクトルについて、推定値の信頼度を確率密度関数を用いて統計的に評価する理論的手法を確立する。
- ・この際、時間解像度、空間解像度、振幅解像度、演算丸め誤差との関係を明らかにする。
- ・全探索法、階層探索法、相互相関法、輝度投影法、位相限定相関法の信頼度を評価する。
- ・各手法の演算処理量を評価してロボット搭載センサノード内のDSPに適した方法を決定する。
- ・信頼度評価には水位検出時に用いたクラス間分散に基づく手法を応用する。
- ・信頼度と解像度や丸め誤差との関係解明には感度解析手法を発展させる。
- ・統計的な性質が等しい複数の入力信号モデルに対して、加法性雑音下での動きベクトルの推定値の確率分布関数を調べ、精度保障性

に対する雑音の影響を数理統計的に解析する。

- ・フレームコマ落ち、多重解像度化による画像縮小、照度不足による階調数減少、整数演算による丸め誤差などを、加法性雑音として近似表現する。

- ・特に信号の有色性を考慮した解析は申請者の独創的手法を発展的に応用できる。

- ・ベクトルの推定にはまずは相互相関法を用い、スペクトル解析の数学的表現手法を適用する。

- ・加法性雑音以外にも、実際に観測される乗法性あるいは非線形な外乱も解析の対象とする。

- ・相互相関法の近似として絶対値差分法を解析する。少なくとも実験的評価は実施する。

- ・全探索法、階層探索法、相互相関法、輝度投影法、位相限定相関法の信頼度を評価する。

- ・各手法の演算処理量、DSP消費電力、論理回路規模等、ハードウェアコストを評価する。

- ・以上によりロボット搭載センサノード内のDSPに適した方法を決定する。

- ・隊長ロボの履歴画像の中から、隊員ロボの撮像画像が整合する位置を逐次決定する。これにより、隊長ロボの軌跡を隊員ロボがトレースする手法を開発する。

- ・上記の整合に必要な最小限の映像情報を抽出して探査ロボットの機能的階層符号化を実現する。

- ・隊員ロボの駆動系の制御には多変量時系列解析による手法を応用する。

- ・河川監視用の機能的階層符号化を探査ロボット用に発展させる。

- ・上記手法により隊員ロボの撮像画像を隊長ロボの履歴画像と整合させる。

- ・整合が困難な場合は、背景を特別に用意する。あるいは、隊長ロボの運動を単純化する。

- ・上記の整合に必要な最小限の帯域を選択することで機能的階層符号化法を提案する。

- ・全伝送データ量と動きベクトル信頼度により提案手法を総合的に評価して効果を確認する。

- ・先行ロボットの履歴画像の中から、追従ロボットの撮像画像が整合する位置を逐次決定する。これにより、先行ロボットの軌跡を追従ロボットがトレースする手法を開発する。

- ・上記の整合に必要な最小限の映像情報を抽出して探査ロボットの機能的階層符号化を実現する。

- ・先行ロボットの駆動系制御の確率的な分析方法を検討する。

- ・多機能な機能的階層符号化を探査ロボット用に発展させる。

- ・多変量時系列解析により追従ロボットの駆

動系のフィードバック制御モデルを検討する。

- ・駆動系のモデル化が困難な場合には、単純な走行パターンを仮定して研究を進める。
- ・画像系のモデル化に重点を置いて解析し、制御パラメータを最適化する。
- ・駆動系のフィードバック制御にはモータ制御情報等のデッドレコニングを併用する。

4. 研究成果

2008年度は、履歴画像であるパノラマ静止画像の生成において必要となる動きベクトルについて、推定値の信頼度を、確率密度関数を用いて統計的に評価する理論的手法を確立した。この際、時間解像度、空間解像度、振幅解像度、演算丸め誤差との関係を明らかにした。また、全探索法、階層探索法、相互相関法、輝度投影法、位相限定相関法の信頼度を評価した。信頼度評価には水位検出時に用いたクラス間分散に基づく手法を応用した。信頼度と解像度や丸め誤差との関係解明には感度解析手法を発展させた。

2009年度は、先行ロボットが環境画像マップを生成し、複数の追従ロボットがマップ上における自己位置を同定することで、複数ロボットによる連携探査を可能とするシステムを開発した。特に、ロボットの自己位置推定に必要な天井マップの生成において、不整地走行時に発生する動き情報に重畳する誤差を、前方映像から得られる動き情報により、正確に補正する手法を確立した。また、映像信号の解像度、および動きベクトルと演算丸め誤差との関係を明らかにした。更に、これまで全てのロボットにおいて、同じ映像処理が行われていたが、今回、先行ロボットへ処理の負荷を集中させることで、追従する複数のロボット間における、データ通信量の大幅な低減が可能となった。

2010年度は、より実用的な利用環境を想定し、システムの試作機による実証試験を行った。特に、ロボットの自己位置推定に必要な天井マップの生成時に、カラー画像間での信号成分のコヒーレンス性、および、雑音成分の無相関性を利用することで、より正確に自己位置を推定できる新しい手法を確立した。また、画像信号を直交変換することで得られる変換係数の、正負符号のみを自己位置推定に利用することで、伝送データ量を、より一層低減できることを確認した。更に、このようなカラー信号の特性に着目した、データ量の圧縮伝送方法も開発した。

今後は、より実用的な利用環境における、セミオートな連携探査システムの実現が期

待される。

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 18 件)

1. S. UDOMSIRI, H. TAGUCHI, T. TAKAHASHI, M. IWAHASHI, T. KIMURA, "Functionally Layered Video Coding Based on JP2K for Robot Vision Network", Journal of Robotics and Mechatronics, vol.21, no. 6, pp.758-764, Dec. 2009.
2. H. IWAI, M. IWAHASHI, K. KIYA, "Methods for Avoiding the Checkerboard Distortion Caused by Finite Word Length Error in Multirate System", IEICE Trans. Fundamentals of Electronics, Communications and Computer Sciences, Vol. E93-A, No.3, pp. 631-635, March, 2010.
3. T. MATSUMOTO, T. TAKAHASHI, M. IWAHASHI, T. KIMURA, S. SALBIAH, N. MOKHTAR, "Visual compensation in localization of a robot on a ceiling map", Scientific Research and Essays, Full length research paper, Vol. 5 (23), pp.131-135, December, 2010.
4. T. MATSUMOTO, T. TAKAHASHI, M. IWAHASHI, T. KIMURA, S. SALBIAH, N. MOKHTAR, "Reduction of data size for transmission in localization of mobile robots", International Journal of the Physical Sciences, Vol. 5(17), pp. 2652-2657, December, 2010.
5. その他

[学会発表] (計 39 件)

1. H. KIYA, M. IWAHASHI, O. WATANABE, "A New Structure of Lifting Wavelet for Reducing Rounding Error", IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp.2881-2884, May 2008.
2. H. TAGUCHI, M. IWAHASHI, T. KIMURA, "Video Data Compression for Robot to Robot Communication", IEEE International Workshop on Safety, Security and Rescue Robotics, pp.140-145, Oct. 2008.
3. S. UDOMSIRI, M. IWAHASHI, "Comparative Study on Recent Integer DCTs", International Conference on Information and Communication Technologies, (ICICT), pp.785-791,

- Dec. 2008.
4. S. UDOMSIRI, M. IWAHASHI, "Design of FIR Filter for Water Level Detection", International Conference on Information and Communication Technologies, (ICICT), pp.792-797, Dec. 2008.
 5. M. IWAHASHI, H. KIYA, "Finite Word Length Error Analysis based on Basic Formula of Rounding Operation", International Symposium on Intelligent Signal Processing and Communication Systems (ISPACS), no. 86, pp.49-52, Feb. 2009.
 6. M. IWAHASHI, H. TAGUCHI, T. KIMURA, "Functionally Layered Coding for Robot Vision Network", Picture Coding Symposium (PCS), no.2, pp.32-35, May 2009.
 7. M. IWAHASHI, K. OGUNI, "Three Dimensional Integer Rotation Transform and Improvement of its Compatibility", IEEE International Symposium on Circuits and Systems (ISCAS), pp.2205-2208, May 2009.
 8. H. IWAI, M. IWAHASHI, H. KIYA, "Methods for Avoiding the Checkerboard Distortion Caused by Rounding Error in Multirate System", International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC), no.S20-B4.1, pp.697-700, July 2009.
 9. T. TAKAHASHI, Y. FUKUTANI, M. IWAHASHI, "Band Determination of JP2K DWT for Robot to Robot Communication", International Workshop on Advanced Image Technology (IWAIT), S12, pp.151-154, Jan. 2010.
 10. Y. FUKUTANI, T. TAKAHASHI, M. IWAHASHI, T. KIMURA, S. SALBIAH, N. MOKHTAR, "Robot Vision Network based on Ceiling Map Sharing", IEEE International Workshop on Advanced Control (AMC), 6, Mon 3-2, pp.164-169, March 2010.
 11. M. IWAHASHI, H. KIYA, "Optimization of Lifting Structure of Reversible KLT Based on Permutation of Signal's Order and Sign," IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), no.MA-PD.7, pp.465-468, Sept. 2010.
 12. M. IWAHASHI, H. KIYA, "Reversible Color Transform with Compatibility to Irreversible Transform," IEEE International Conference on Image Processing (ICIP), no.TP-PD.7, pp.2881-2884, Sept. 2010.
 13. M. IWAHASHI, H. KIYA, "Avoidance of Singular Point in Reversible KLT", Picture Coding Symposium (PCS), no.P1-23, pp.110-113, Nov. 2010.
 14. S. S. SAMSUDIN, N. MOKHTAR, H. AROF, F. IBRAHIM, M. IWAHASHI, "Blind User Indoor Environment Mapping System for Self-Localization", IEEE International Conference on Computer and Commun. Devices (ICCCD), no.57, April 2011.
 15. 田口秀樹, 高橋知将, 岩橋政宏, 木村哲也, "ロボットビジョン・ネットワークのための機能的階層符号化", (Functionally Layered Coding For Robot Vision Network), 電子情報通信学会 第 22 回 回路とシステム軽井沢ワークショップ, pp.388-391, (2009.4) 【研究奨励賞受賞 H22.4.19】
 16. 福谷泰明, 高橋知将, 松本拓也, 岩橋政宏, 木村哲也, "複数の移動型ロボットによる天井マップ共有システムにおける伝送データ量の削減", 電子情報通信学会 第 23 回 回路とシステム軽井沢ワークショップ, pp.334-339, (2010.4)
 17. その他
- 〔図書〕(計1件)
 挑戦こそが成功の鍵 - 科学者が問いかける先端工学の31の"なぜ" -、近代科学社、2010.
- 〔産業財産権〕
 ○出願状況(計0件)
 ○取得状況(計0件)
- 〔その他〕
 ホームページ等
6. 研究組織
 (1) 研究代表者
 岩橋 政宏 (IWAHASHI MASAHIRO)
 長岡技術科学大学・工学部・准教授
 研究者番号：30251854
- (2) 研究分担者
 ()
- 研究者番号：
- (3) 連携研究者
 木村 哲也 (KIMURA TETSUYA)
 長岡技術科学大学・工学部・准教授
 研究者番号：70273802