

令和 3 年 5 月 26 日現在

機関番号：93901

研究種目：基盤研究(C)（一般）

研究期間：2018～2020

課題番号：18K04157

研究課題名（和文）車載センサネットワークにおける微弱信号検出技術に関する研究

研究課題名（英文）Study on weak signal detection in intra-vehicle wireless sensor networks

研究代表者

田中 宏哉（Tanaka, Hiroya）

株式会社豊田中央研究所・フロンティア研究領域 田中(宏)研究グループ・---

研究者番号：00524646

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 2,800,000円

研究成果の概要（和文）：本研究では、車載センサネットワークの通信感度向上を目的として、干渉信号を用いて確率共鳴現象を発生させ、微弱な信号を検出する手法を提案した。提案手法における確率共鳴現象の発生メカニズムと、提案手法から得られる無線機の受信感度の向上効果を、数値シミュレーションにより明らかにした。受信機の周辺に配置した端末から送られる干渉信号を用いた受信端末の感度向上手法について、振幅変調および位相変調での効果を検証した。その結果、干渉信号の存在により通信容量が増加していることがわかった。これは干渉信号により通信エリアを拡大できることを示唆している。

研究成果の学術的意義や社会的意義

従来の手法である線形信号処理では、通信誤りの原因となる干渉信号は不要なものとして抑圧される。一方、提案手法で用いる非線形信号処理では、干渉信号を積極的に利用し信号検出性能の向上を図る。そのため、提案手法は、従来手法と全く異なる通信性能向上へのアプローチである。また、提案手法では、確率共鳴現象により従来の手法では検出できない微弱な信号を検出できる。よって、提案手法は、近年注目されているIoT（Internet of Things）や、ウェアラブル通信など、次世代の通信システムで重要な要素技術となる可能性をもつ。

研究成果の概要（英文）：We propose a method that establishes a direct wireless link from transmission source to an out-of-range destination with the assistance of the surrounding communication nodes. In this method, a weak signal is amplified by utilizing the interference signals transmitted from the surrounding communication nodes. To evaluate the amplification gain, we study the mutual information in a multipath fading channel. As a result, we reveal that the mutual information is enhanced owing to the interference signals, and the proposed method enlarges the radio coverage area of the source node.

研究分野：無線通信工学

キーワード：確率共鳴

1. 研究開始当初の背景

(1) 近年、適度な雑音によりシステムの応答を改善する、確率共鳴現象を用いた非線形信号処理が注目されている。これは、所望信号に雑音を加え非線形場に通す信号処理手法である。この手法を用いれば、検出器の検出下限を下回る微弱な信号を識別できるため、センサ、イメージング、通信への応用が期待されている（例えば文献①）。

(2) 無線通信では、同じ空間に複数の無線機が存在する。例えば、信号をやり取りする無線機 A と B、また、その他の機器と通信をする無線機 C を考える。無線機 A では、無線機 B からの信号（所望信号）と無線機 C からの信号（干渉信号）を受信する。その場合、無線機 C からの信号は不要であり、一種の雑音として振る舞う。これは、無線機 A において、無線機 B からの所望信号と無線機 C からの干渉信号を非線形場に通すことで、確率共鳴現象が生じることを意味する。この現象を用いることで、飛躍的な信号の検出性能の向上が予想される。しかし、必要となる回路構成や干渉信号の強度など、干渉信号で確率共鳴現象を発生させるために必要な条件は明らかにされていない。また、どの程度の信号検出性能の向上効果が得られるかといった、性能評価に関する議論も十分ではない。

2. 研究の目的

(1) 本研究では、車載センサネットワークの通信感度向上を目的として、干渉信号を用いて確率共鳴現象を発生させ、微弱な信号を検出する手法を提案する（以後、「提案手法」と記載）。解析モデルの理論式を導出し、提案手法で生じる確率共鳴現象を体系化する。これより、パラメータの最適化と通信容量を明らかにする。

3. 研究の方法

(1) 提案手法における確率共鳴現象の発生メカニズムと、提案手法から得られる無線機の受信感度の向上効果を、数値シミュレーションにより明らかにする。受信機の周辺に配置した端末から送られる干渉信号を用いた受信端末の感度向上手法について、振幅変調（OOK）および位相変調（2-PSK、4-PSK、8-PSK）での効果を検証する。

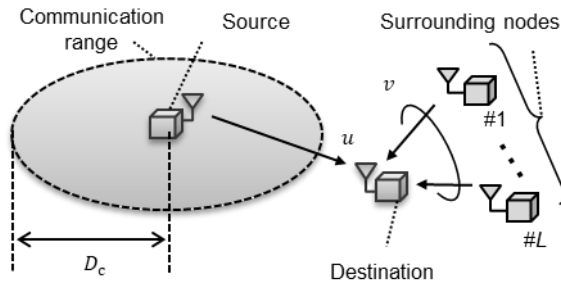
(2) 今回検討したシステムの概略を図 1(a)、(b)に示す。Source 端末から Destination 端末へのデータ伝送を考える。Source の通信エリアはその端末を中心とした半径 D_c の円の内側であり、Destination はその外側にあるとする。このとき、Source から送られる信号は Destination で検出できる信号強度の下限よりも小さいため、Destination では Source からの信号 u を検出できない。ここでは、Destination の周辺にある L 個の干渉信号送信端末からの信号 v を用いて信号 u を増幅し、Destination の検出下限を下回る信号を検出する手法についてその効果を調べた。

4. 研究成果（文献②）

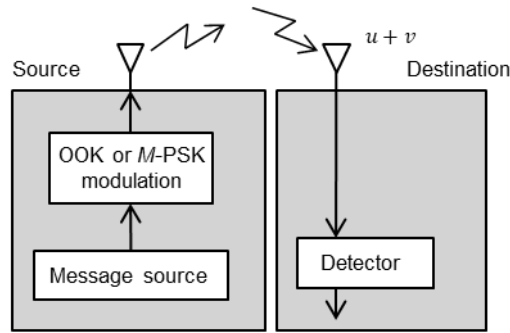
(1) 数値シミュレーションにより通信容量を評価した結果を図 2 に示す。信号 v の存在により通信容量が増加していることがわかった。特に所望信号強度が極めて小さい場合において、信号 v が無い場合では通信容量はほぼゼロとなり通信不能であるのに対し、信号 v があると通信容量の大幅な増加が見られた。これは信号 v により「通信エリア」を拡大できることを示唆している。

<引用文献>

- ① 田所, 山里, 田中, 荒井, 中島, 平岡, “確率共鳴現象の情報通信への応用を目指して,” 信学論 B, vol. J102-B, no.6, pp. 445-458, Jun. 2019.
- ② H. Tanaka, S. Hiraoka, T. Yamazato, S. Arai, and Y. Tadokoro, “Direct Wireless Link to Out-of-Range Node With Assistance of Surrounding Nodes,” IEEE Trans. Veh. Technol., vol. 68, no. 11, pp. 10703-10712, Nov. 2019.



(a)



(b)

図 1 : (a) システムモデル、 (b) Source 端末の構成。

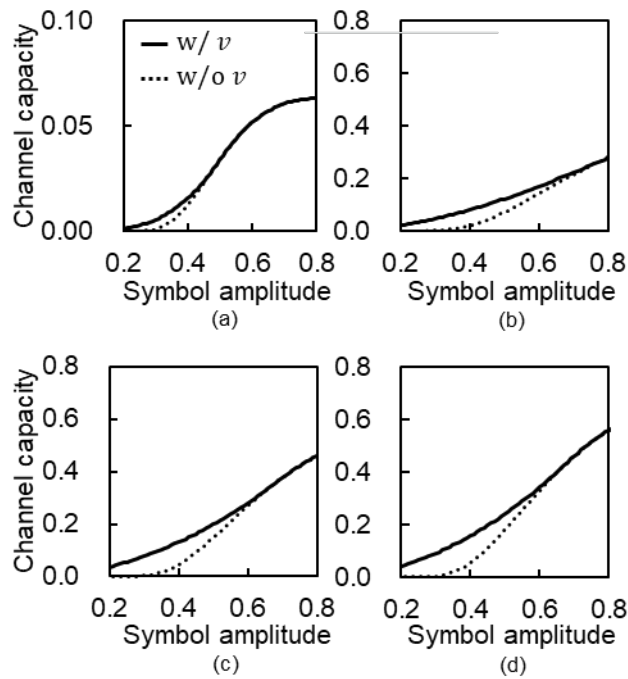


図 2 : 通信容量の数値解析例。(a) OOK, (b) 2-PSK, (c) 4-PSK, and (d) 8-PSK。実線は干渉波有、破線は干渉波なしの場合を示す。数値シミュレーションでは文献②に記載されたパラメータを用いた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 1件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Tanaka Hiroya, Hiraoka Shintaro, Arai Shintaro, Yamazato Takaya, Tadokoro Yukihiro	4. 巻 68
2. 論文標題 Direct Wireless Link to Out-of-Range Node With Assistance of Surrounding Nodes	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 IEEE Transactions on Vehicular Technology	6. 最初と最後の頁 10703 ~ 10712
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1109/TVT.2019.2934502	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計3件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 1件）

1. 発表者名 平岡真太郎、山里敬也、荒井伸太郎、田所幸浩、田中宏哉
2. 発表標題 干渉波を用いた確率共鳴受信機による微弱信号検出-PSK変調方式を用いた場合の特性評価-
3. 学会等名 電子情報通信学会技術研究報告, vol. 118, no. 311, RCS2018-179, pp. 7-12
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 堀内星哉, 羽多野裕之, 眞田耕輔, 森香津夫, 山里敬也, 荒井伸太郎, 齋藤将人, 田所幸浩, 田中宏哉
2. 発表標題 RSSIに基づく距離測定技術のための干渉信号を用いたDither法の適用に関する研究
3. 学会等名 電子情報通信学会 総合大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 S. Horiuchi, H. Hatano, K. Sanada, K. Mori, T. Yamazato, S. Arai, M. Saito, Y. Tadokoro, H. Tanaka
2. 発表標題 RSSI-Based Distance Estimation Enhanced by Interference Signals
3. 学会等名 2020 International symposium on Nonlinear Theory and Its Applications (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究 分担 者	羽多野 裕之 (Hatano Hiroyuki) (40402531)	三重大学・工学研究科・准教授 (14101)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------