

平成 21 年 3 月 31 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2006～2009

課題番号：18500216

研究課題名（和文） スペクトル拡散通信における統計的同期法とその応用に関する研究

研究課題名（英文） Study on a statistical code acquisition method in DS/CDMA communication systems and its application

研究代表者 江島 伸興 (NOBUOKI ESHIMA)

大分大学・医学部・教授

研究者番号：20203630

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報科学・統計科学

キーワード：先端的通信、統計数学、応用統計学、情報基礎、確率論

1. 研究計画の概要

スペクトル拡散通信システムに関する統計モデルの説明を通して研究計画を述べる。無作為抽出ベルヌイコード $(X_0, X_1, \dots, X_{N-1})$ が利用者に与えられるとする。T で1データ d を送信する時間とすると、データは拡散データベクトル $(dX_0, dX_1, \dots, dX_{N-1})$ として拡散された形で送信される。いま、 T_c は1コード成分 X_i を送信する時間 (chip time) で $T = NT_c$ を満たす。また、受信時での伝達遅延時間は $mT_c + \tau$ で表現され、ここに m は自然数である。一般性を失わず、 $0 \leq m \leq N-1$ かつ $0 \leq \tau < T_c$ とする。このように拡散されたデジタル信号は正弦波に掛けられて搬送される。このシステムは同一周波数での複数ユーザーの同時通信を可能にし、携帯電話、地上デジタル放送および測距技術に 응용されている。このとき、問題となるのは受信信号に同期する方法であり、本研究では統計的同期判定法と相関効率である。

2. 研究の進捗状況

これまでの研究で、信号同期法に関して論文が3編と相関法や信号を一般化したときに予測測度の研究で論文1編を出版した。現在はガウス波形の直接拡散信号の同期法を統計的判定および一般化線形モデルに基づいて研究を行っている。

(1) 統計的同期法の理論

信号同期に関する統計的アプローチは受信データを効率的に利用した判定法であり、事後確率を最大化する方法として提唱した。また、装置として設計ではデジタル処理を行うために、複雑度を軽減した計数法を開発した

(論文①)。

(2) スペクトル拡散通信の容量

通信容量に関して、同期基準と同期後の通信エラーに基づく基準が議論されてきた。このような議論は奇異であり、その根底は信号同期の難しさから来ている。本研究での同期法により、同期基準の容量は無意味であることが示された。したがって、通信容量は同期を前提にした通信エラーおよびSNRで設定できることを証明した (論文②)。

(3) エントロピー相関係数

受信した拡散信号の復号は入力と出力の関係にあり、統計的には判定、分類、判別および回帰分析に関係する。正規性をもつデータの処理だけでなく、非正規のデータからの予測や説明効率を考える必要がある。柔軟な信号処理に対処すべく、一般化線形モデルによる予測測度としてエントロピー相関係数を提唱した (論文③)。この相関係数は一般の統計解析にも用いることができる。

(4) 同期法の複雑性の軽減

数理的に正確かつ精密な理論や結果でも、装置の論理回路への複雑性が高ければ、実行時に負荷をかけ、リアルタイムに送信される信号処理はできない。受信信号でも実数を処理するためには数値を保持するだけで32ビットあるいはそれ以上を要する。さらには積の演算回数が増せば実用化はできない。本研究では、受信信号の符号を用いた相関器を想定した同期法を提唱した。符号は1ビットで保持できるので、論理回路の複雑性は十分軽減される。同期判定に要する効率は実数を用いた場合に対して約0.6であり、時間的には1.5倍を要するだけで、正確な同期判定が行える

ことを示した (論文④)。

3. 現在までの達成度

① 当初の計画以上に進展している。

(理由) 上に述べたように、過去3年の研究で論文を4編出版し、同期理論、効率、通信容量に亘り順調に研究が進展した。

4. 今後の研究の推進方策

携帯電話や地上デジタル放送などへとスペクトル拡散通信が広がれば、基地局に数が増え、周辺住民への健康被害も懸念される。本研究の同期法開発は通信容量確保に繋がるものであり、さらには上下の通信回線の出力制御を可能にする。矩形波を基準して展開してきた研究を情報効率が高いガウス波に対する同期法研究へと推進する。また、応用としては相関処理、エントロピー相関係数、および決定係数の統計解析への展開へも展開する。

5. 代表的な研究成果

(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 4 件)

① Eshima, N & Kohda, T

Low-complexity code acquisition method in DS/CDMA communication systems: Application of the maximum likelihood method to propagation delay estimation
IEICE Transactions on Communications, 91-B, 1472-1479, 2008. 査読 有

② Eshima, N & Tabata, M

Entropy Correlation Coefficient for Measuring Predictive Power of Generalized Linear Models
Statistics and Probability Letters, 77, 588-593, 2007. 査読 有

③ Eshima, N, Kohda, T & Tabata, M

Statistical solution to the capacity problem in Direct-Sequence Code-Division Multiple Access Communication Systems
IMA Journal of Mathematical Control and Information, 24, 289-298, 2007 査読 有

④ Eshima, N & Kohda, T.

Statistical Approach to the Code Acquisition Problem in Direct-Sequence Spread-Spectrum Communication Systems
IMA Journal of Mathematical Control and

Information, 23, 2, 149-163, 2006. 査読 有

[学会発表] (計 5 件)

① Eshima, N & Tabata, M

Application of the entropy correlation coefficient to analysis of the effects of factors in generalized linear models with canonical links, The 9th Japan-China Symposium on Statistics, Spporo, Japan, 25-27 September 2007.

② Eshima, N & Tabata, M

Analysis of the effects of factors in generalized linear models with categorical variables, ISI2007, Lisbon, Portugal, 22-29 Aug. 2007.

③ Eshima, N & Tabata, M

Application of the entropy correlation coefficient to analysis of the effects of factors in generalized linear models
The 4th International Meeting of Psychometric Society, Tokyo, 10-12 Jul, 2007

④ 江島伸興

Maximum Likelihood Method of Code Acquisition in DS/CDMA Communication Systems
日本計算機統計学会 第20回大会、同志社大学、2006年5月22-23日

⑤ Nobuoki Eshima

Entropy correlation coefficient for measuring predictive power of Generalized linear models
2006年度統計関連連合大会、東北大学、2006年9月12-14日