

## SAGE アルゴリズムによる伝搬チャネル推定への PSO 適用

Application of PSO to radio propagation channel estimation with SAGE algorithm

稲越敦久†  
Atsuhisa Inakoshi山田寛喜†  
Hiroyoshi Yamada山口芳雄†  
Yoshio Yamaguchi†新潟大学大学院 自然科学研究科  
Graduate school of Science & Technology, Niigata University

## 1 まえがき

伝搬チャネル推定 [1] は、効率的な通信設計を行うために有用な技術である。その中で、SAGE アルゴリズムはパラメータの多次元が容易であり、マルチパス環境においても有効であるため、広く用いられる手法である。しかし、SAGE アルゴリズムはパラメータ推定を多次元化するに伴い、計算負荷が大きくなってしまふ。そこで本稿では、PSO[2][3] を適用することで、SAGE アルゴリズムの高速化、またそれに伴う推定性能変化についてシミュレーションにより検討した。

## 2 PSO (Particle Swarm Optimization)

PSO は「particle (粒子)」と呼ばれるランダムに配置された探索点が「Swarm (群れ)」を構成し、過去の行動履歴に従い動的に調整される速度に基づいて解空間を目的関数値の良い方へと飛び回るように探索する、多点型探索手法アルゴリズムである。以下の式 (1) に基づき、ある位置  $x$  の particle についての速度  $v$  を更新する。

$$v \leftarrow wv + c_1 r(x_{pbest} - x) + c_2 r(x_{gbest} - x) \quad (1)$$

$w$  は慣性係数、 $c_1, c_2$  は学習係数、 $r$  は範囲  $[0, 1]$  の一様乱数、 $x_{pbest}$  は各 particle で最大の目的関数値となる位置、 $x_{gbest}$  は particle 全体で最大の目的関数値となる位置である。この速度  $v$  により、各 particle の位置  $x$  の更新、目的関数値の評価を反復計算することで、最適解を求める。

## 3 SAGE アルゴリズムへの PSO の適用

最尤推定に基づいた手法である SAGE アルゴリズムは、推定パラメータを逐次更新する手法である。本稿では、観測信号 (不完全データ) から各到来信号 (完全データ) を推定することで、各種伝搬パラメータを推定する。

SAGE アルゴリズムにおいて初期値設定は必須であり、初期値決定法として ISI-SAGE アルゴリズム [1] がある。ISI-SAGE は干渉キャンセラ型を用いた初期値設定サーチを行う。これは、各パラメータの逐次サーチによる推定を行うため、パラメータの増加により計算量も増加する。そこで、PSO を適用することで、パラメータの同時推定を行うことで、計算高速化を実現する。

## 4 シミュレーション評価

到来時間、放射方向 (方位角、仰角)、到来方向 (方位角、仰角) の 5 次元パラメータの初期値設定を行った。ここでは PSO の particle、反復回数を変化させた場合について、平均計算時間、信号検出成功率、到来方位方向

の RMSE を評価した。入力信号数は 5、到来方位方向は、 $-34, 0, 33, 44, 61^\circ$  とする。PSO のパラメータは、慣性係数  $w = 0.729$ 、学習係数  $c_1 = c_2 = 1.4955$  とする。計算環境は、Windows Vista Ultimate, Core i7 CPU 920, RAM 12GB, MATLAB 7.7.0 上で行った。表 1 には反復回数を固定し particle 数のみを変化させた場合の推定性能と通常の ISI-SAGE による推定性能を、表 2 には計算時間がほぼ等しくなるように particle 数、反復回数それぞれを調節して計算を行った場合についての比較結果である。

表 1 particle 数変化による推定性能比較 (反復回数 100)

particle 数	25	50	100	通常 ISI-SAGE
計算時間 [sec.]	89.3	172.8	347.2	495.8
RMSE(到来方位方向)[°]	13.2	7.8	4.2	3.9

表 2 計算時間一定とした推定性能比較 (計算時間約 347 秒)

particle 数/反復回数	25/400	50/200	100/100
RMSE(到来方位方向)[°]	13.35	6.1	4.2

## 5 まとめ

SAGE アルゴリズムへの PSO 適用について検討した。PSO を用いることで、SAGE アルゴリズムの初期値設定において計算時間が、通常と比較し、約 70% の高速化が実現できた。また、PSO パラメータによる変化は、particle 数と反復計算回数の関係からなる推定性能比較より、particle 数が多い方が良好な推定性能を示すことを確認した。

## 参考文献

- [1] B. H. Fleury, X. Yin, K. G. Rohbrandt, P. Jourdan, and A. Stucki, "Performance of a High Resolution Scheme for Joint Estimation of Delay and Bidirection Dispersion in the Radio Channel," in Proc. IEEE 55th Vehicular Technology Conference (VTC 2002/Spring), May 2002.
- [2] J. Robinson and Y. Rahmat-Samii, "Particle swarm optimization in electromagnetics," IEEE Trans. Antennas Propag., vol. 52, no. 2, pp. 397-407, Feb. 2004.
- [3] H. Bodur, C. A. Tunc, D. Aktas, V. B. Erturk, A. Altintas, "Particle Swarm Optimization for Sage Maximization Step in Channel Parameter Estimation," The Second European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2007), 11-16 November 2007.