

## 学位論文題名

A Study on Genetic Algorithm Based MIMO Detection  
for The Next Generation Wireless Communications

(次世代無線通信のための遺伝的アルゴリズムに基づくMIMO検出法に関する研究)

## 学位論文内容の要旨

In this thesis, we have tried to show and explain simulation results from various theories and mathematical analysis. GA-based MIMO detection for Rayleigh and Rician fading channels and WINNER II channel models has been evaluated for a wide range of simulation results. We have discussed (in chapter 2) various fading channel models as well as European project WINNER II channel models (where the AS, DS and K factor are lognormally distributed and correlated). Then we have discussed (in chapter 3) MIMO spatial multiplexing coding technique and OFDM technology. In chapter 4 and chapter 5 we have discussed conventional and genetic algorithm based interference cancelation algorithms as a MIMO detector.

We have studied the performance and complexity of different detectors (conventional and GA based detector) over MIMO system for frequency selective as well as for frequency flat fading channels. We have shown in both the cases that GA performance is much better than conventional linear detectors and same with conventional nonlinear detector ML. We observed that there is a large performance gap between the random vs. average AS, DS, and K for different relevant WINNER II scenarios. For the first time, these detectors have been compared to realistic WINNER II channels models in order to more accurately predict their relative performance.

We have shown (in chapter 6), if the GA has one initial individual set to the solution of a conventional detector (MF) i.e., for M1 initialization, incest prevention is no longer required and thus complexity can be reduced significantly. Initialization with the ZF, MMSE detectors yielded similar performance. Thus, M1 based initialization may be able to bridge the performance and complexity gaps between the M0 initialization. Therefore, for the best performance and the lowest complexity GA for MIMO detection use the MF solution for the M1 initialization and no incest prevention may be recommended. In the same chapter (chapter 6) we have also shown simulation results for the convergence behavior of a GA-based MIMO detector for realistic, i.e., WINNER II, models of frequency-flat and correlated Rayleigh and Rician fading. We have shown the parameters of a converging GA need to be adjusted to the fading type, rank of the deterministic channel matrix component and actual scenarios. We have thus found that GA can indeed achieve ML-like performance for a small number of generations and GA complexity (i.e., the product between the number of generations and the size of the population required for convergence) is lowest for Rician fading with  $r = 1$  and higher for Rayleigh fading or Rician fading with higher  $r$ .

Similarly, GA complexity is lower for low AS, e.g., in outdoor scenarios and higher for higher AS, e.g., in indoor scenarios. GA-based MIMO detection may require complexity proportional to

the achievable performance: channel conditions that yield poor performance require low complexity, whereas channel conditions that yield good performance require higher complexity. These results appear promising for GA based MIMO detection. However, increasing  $NT$  and  $M$  require increasingly large GA population sizes  $P$ . Adapting the GA population size  $P$  to yield fast convergence for any  $NT$  and  $M$  values is an open problem.

In this paper (chapter 7), we evaluated the effects of channel parameter on GA parameter for MIMO detection in WINNER II channel model. It is shown that GA parameter depends on channel parameter. By employing meta GA we have shown GA complexity is lowest in the realistic case of Rician fading with lower rank of the channel matrix mean than Rician fading with large rank of the channel matrix mean, and most complex for Rayleigh fading. In the same paper (in chapter 8), we have shown GA-based detector performance and complexity for overloaded MIMO system in realistic channel models and in correlated fading channels. We have shown by using evolutionary concepts, it is possible to exploit all of the available MIMO diversity from the co-channel environment (in airborne base station as well as in terrestrial base station).

Since, GA performs is similar to ML and with much lower complexity thus, the GA-based detection is able to link the performance and complexity gap between the conventional ML detector. Therefore, much lower complexity is much easier to implement in hardware (FPGA design).

# 学位論文審査の要旨

主 査	教 授	宮 永 喜 一
副 査	教 授	野 島 俊 雄
副 査	特任教授	小 柴 正 則
副 査	教 授	小 川 恭 孝

## 学 位 論 文 題 名

### A Study on Genetic Algorithm Based MIMO Detection for The Next Generation Wireless Communications

(次世代無線通信のための遺伝的アルゴリズムに基づくMIMO検出法に関する研究)

本論文は、より高速で、より安定な無線通信を実現するための新しい技術を提案し、その評価方法について述べている。最近の無線通信技術は、空間的に複数配置したアンテナによる通信 (MIMO (multiple-input and multiple-output)) と有効な周波数帯域に多くのデータを効率よく詰め込んでデータ通信を実現する方式 (OFDM(Orthogonal frequency-division multiplexing)) が利用されている。本論文は、それらのシステムが、様々な環境で利用された場合の性能評価が行えるよう、レイリーフェージング及びライスフェージング環境やウィナー II モデル環境を、提案開発のシミュレーションシステムに新しく導入した。さらに、その評価システムを利用して、最適な環境で無線通信を実現する遺伝的アルゴリズムを用いた新しい MIMO システムを提案し、その設計と実現、さらには性能評価も行っている。

本論文は、下記のような構成となっている。

第 1 章は、無線通信システムの概要について述べている。特に、システムの設計において、通信チャネルのシミュレーションモデルの重要性について述べ、最近の動向についてに言及している。

第 2 章は、無線通信システムの性能評価に必要である、無線チャネル環境に関する基本的な事項について述べている。チャネルモデルは、古くからレイリーフェージング及びライスフェージング環境が用いられているが、MIMO システムには、複数アンテナを利用することから、送信や受信機での、アンテナ同士の位置関係で特性が大きく変化する。また、伝播伝搬路における障害物の空間的な広がりや、伝播電波に対する影響の大きさによって、通信品質が大きく変化する。それらをできるだけ厳密に、かつより簡略に評価したのがウィナー II モデルである。これらのモデルの特性についても説明している。

第 3 章は、最近広く利用されている無線通信システムの基本構成について述べている。現在は、MIMO システムや OFDM システムが広く利用されており、それらのシステムに関する説明が行われている。

第 4 章は、様々な MIMO 技術について説明している。MIMO 技術は、空間的なダイバーシチを効率よく改善することに利用されるが、大別すると通信容量を向上するための技術と、通信距離を伸ばすための技術に分けられる。特に、送信アンテナ数と受信アンテナ数が同数の場合や送信アンテナ数が受信アンテナ数より多い場合の特性について説明し、さらには、最適受信が困難で、高速化には難

しいとされていた、受信アンテナ数が送信アンテナ数より多い場合の、大容量通信技術についても説明している。

第5章は、本提案システム内に実現されている、遺伝的アルゴリズムに関する、基本的な事項について説明している。

第6章は、遺伝的アルゴリズムを導入した新しい MIMO システムの提案を行っている。遺伝的アルゴリズムは、受信側の MIMO デコーダに導入されるが、その際の情報を受信側にフィードバックすることで、最適な通信システムが実現できることを示している。

第7章は、遺伝的アルゴリズムを導入した提案 MIMO システムの性能評価と従来手法との比較評価を行い、インドア、アウトドア環境など、様々な環境を想定して評価した結果、提案のシステムは、シンボルエラーを最小に抑えながら、効率のよい無線通信が実現できる高性能システムであることが示されている。

第8章は、送信アンテナ数より受信アンテナ数が多い MIMO システムについて考察している。この条件における従来型のシステムでは、通信スループットに制限が生じ、高いスループットを実現することができなかった。一方、提案のシステムの場合、非線形処理を行う遺伝的アルゴリズムの導入により、比較的少ない計算量で、最適なスループットを実現できることが示された。

第9章は、上記の各章のまとめと、本研究の総括を行っている。

以上より、本論文では、遺伝的アルゴリズムを用いた新しい MIMO 無線通信システムを提案し、さらには様々な通信環境下での性能評価を行うシミュレーション環境を整える等、次世代の高速・高品位無線通信システムの開発を支える、いくつかの新しい技術を提案・開発している。

これを要するに、筆者は、次世代高速・高品位無線通信システムの開発に関して、新しい MIMO システムの提案と実現を行い、その有効性を示した。これにより、無線情報通信技術に関する多くの有益な知見を得ており、情報科学・工学の分野に貢献するところ大なるものがある。

よって筆者は、北海道大学博士(工学)の学位を授与される資格あるものと認める。