

TR-O-0065

48

ニューラルネットワークを用いた
適応等化器の研究

金田 隆二

1994. 3. 31

ATR光電波通信研究所

復帰報告書

1. 氏名 金田 隆二
2. 所属 株式会社 エイ・ティ・アール光電波通信研究所
無線通信第2研究室 研究員
3. 研究テーマ ニューラルネットワークを用いた適応等化器の研究
4. 滞在期間 平成元年9月1日～平成5年9月31日
5. 復帰先 三洋電機株式会社 ハイパーメディア研究所 システム技術研究室
〒560 大阪府守口市大日東町1-1
TEL 06-900-3519

6. 主な成果の概要

非線形の複雑な信号処理を高速に行なうことが出来る技術として注目を浴びているニューラルネットワークに着目し、デジタル移動通信用の適応等化器への適用を試みた。その結果FCPN (Forward-Only Counterpropagation network) という自己組織機能を有するニューラルネットワークを用いることにより、従来の線形トランスヴァーサル型等化器に比べて優れた特性を持つ適応等化器が構築できることを、計算機シミュレーションによって確認することが出来た。

さらにニューラルネットワーク・シミュレータを用いたリアルタイムの実験系を構築し、リアルタイムのシミュレーション実験を行なった。その結果、計算機シミュレーションと同様にFCPNが優れた等化特性を示すことを確認することが出来た。

7. 特記事項

8. まとめ

6の項で示したように、優れた等化システムを提案できたことはとても有意義であったと考える。しかしこのシステムの実用化に際しては、より現実的な伝送路モデルに対する評価やハードウェア化への検討等、解決せねばならない問題が少なくない。

実用化の目処が立つまで研究を続けることが出来なかったのは個人的には残念であるが、今後ATRの中でさらにこの研究で成果が上がることを期待したい。

文献

(1) 口頭発表論文

1. 真鍋, 金田, "多層パーセプトロン型ニューラルネットによるデジタル伝送路の非線形等化についての検討", 信学会秋季全国大会予稿集分冊 1, A-106, 1990.
2. 金田, 真鍋, "自己組織機能を有する階層型ニューラルネットワークによるデジタル伝送路の非線形等化", 第 5 回デジタル信号処理シンポジウム講演論文集, A-4-3, 1990.
3. 真鍋, 金田, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークによるデジタル伝送路の判定帰還型適応等化", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, SA-7-2, 1991.
4. T.Manabe and R.Kaneda, "Adaptive Decision-Feedback Equalization of Digital Transmission Channels Using Forward-Only Counterpropagation Networks," in *Proc. IEEE IJCNN'91 SINGAPORE*, pp. 220-225, 1991.
5. 金田, 真鍋, 藤井, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークによるレイリーフェージングの適応等化", 第 6 回デジタル信号処理シンポジウム講演論文集, A-5-4, 1991.
6. 金田, 真鍋, 藤井, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークを用いた適応等化器の評価", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, A-150, 1992.
7. R.Kaneda, T.Manabe and S.Fujii, "Adaptive Decision-Feedback Equalizer Using Forward-Only Counterpropagation Networks for Rayleigh Fading Channels," in *Proc. of the IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing*, pp. 570-578, 1992.
8. 金田, 真鍋, 藤井, "Rayleigh Fading 伝送路モデルにおける Forward-Only Counterpropagation Network 適応等化器の評価", 第 7 回デジタル信号処理シンポジウム講演論文集, C-4-3, 1992.
9. 金田, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークを用いたデジタル伝送路等化システムの評価", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, A-139, 1993.
10. E.Ogawa and R.Kaneda, "Adaptive Equalization Using Neural Networks for Digital Mobile Communications," in *Proc. of XXIVth General Assembly of the International Union of Radio Science*, FC1-7, 1993.

(2) 特許

1. 金田, 真鍋 : 時間領域自動等化器

ニューラルネットワークを用いた
適応等化器の研究

金田 隆二

概要

非線形の複雑な信号処理を高速に行なうことが出来る技術として注目を浴びているニューラルネットワークに着目し、デジタル移動通信用の適応等化器への適用を試みた。その結果FCPN (Forward-Only Counterpropagation network) という自己組織機能を有するニューラルネットワークを用いることにより、従来の線形トランスヴァーサル型等化器に比べて優れた特性を持つ適応等化器が構築できることを、計算機シミュレーションによって確認することが出来た。

さらにニューラルネットワーク・シミュレータを用いたリアルタイムの実験系を構築し、リアルタイムのシミュレーション実験を行なった。その結果、計算機シミュレーションと同様にFCPNが優れた等化特性を示すことを確認することが出来た。

目次

1	はじめに	1
2	F C P Nを用いた等化器の静的な特性評価	2
3	F C P Nを用いた等化器の時変伝送路に対する特性評価	10
4	F C P Nを用いた等化器のレイリーフェージング伝送路モデルへの適用	17
5	まとめ	27
6	謝辞	27

1 はじめに

A T Rでは、次世代の移動通信に必要となる信号処理技術に関する研究を進めている。新周波数帯を用いたデジタル移動通信の実用化においては、多重波伝搬によるフェージングの克服が重要な課題であり、そのための技術としてダイバーシチ、指向性アンテナ、適応等化器等が提案されている。

一方、高度な非線形信号処理を高速に行える技術として、ニューラルネットワークを用いたアプリケーションが近年注目を集めている。これは生体の脳神経の働きを参考にして研究が進められてきた信号処理技術であり、主に音声認識や文字認識等の知能処理分野において、現在も各所で活発に研究が進められている。

A T Rではニューラルネットワークの持つ非線形性、並列処理性、学習性といった優れた性能に早くから着目し、移動通信システムへの適用を試みてきた。その結果、周波数検波 [1] やアレイアンテナへの到来方向の推定 [2] 等の分野で成果を残してきている。

このような基盤を背景とし、本研究では適応等化器へのニューラルネットワークの適用についての検討を行った。まず最も一般的な多層型ニューラルネットワークであるパーセプトロンを用いて静的な多重波伝搬モデルの静的な等化特性を評価し、従来の線形トランスバーサル型等化器 (L T E) に比べて優れた等化特性が得られることを示した [3]。

次に他のニューラルネットワークに関しても同様の検討を行い、デジタル移動通信用の適応等化器としてはパーセプトロンよりも F C P N (Forward-Only Counter-propagation Network) という多層型のニューラルネットワークを用いた方が、より優れた特性が得られることを確認した [4]。

さらにこの F C P Nを用いた等化器において、時変伝送路に対する動的な等化性能についても検討を行った。その結果、F C P Nの持つ自己組織機能を用いることで、時変伝送路モデルに自動的に追従させながら等化を行う場合においても良好な結果が得られることが示された [5][6]。

そして最後に、移動通信で一般的に用いられる時変伝送路モデルであるレイリーフェージング伝送路モデルを用いて、搬送波帯伝送を考慮した複素型の等化システムのシミュレーションを行った。この結果においても、F C P Nを用いた適応等化システムが従来の等化器に比べて優れた特性が得られることを報告している [7] [8][9][10][11][12]。

なお、このレイリーフェージング伝送路における等化システムは、ニューラルネットワーク・シミュレータを用いたリアルタイム・シミュレーション実験を行っており、計算機シミュレーション同様に F C P Nが優れた特性を示すことを確認している。

2 FCPNを用いた等化器の静的な特性評価

FCPNは3層の階層型ニューラルネットワークであり、離散的な分布を成す入力空間の非線形分離を行うのに適している。したがってアナログ伝送路の等化には不向きであるが、データが離散的な分布となるデジタル伝送路では優れた等化特性を示す。

以下にFCPNを用いた適応等化器の、静的な伝送路における等化特性を評価した発表論文 [4] を示す。

3 FCPNを用いた等化器の時変伝送路に対する特性評価

FCPNは前段に自己組織機能を有しており、一旦学習させてしまえば伝送路が連続的に変動する場合でも自動的に追従させることが出来る。従来のLTEでは判定帰還によって時変伝送路に対応させるのであるが、FCPNでは自己組織機能という全く異なったメカニズムを用いることで時変伝送路に対応させるということになる。

以下に時変伝送路にFCPNを適用させ、その動的な追従性能をLTEと比較した例について、発表論文 [6] を示す。

4 FCPNを用いた等化器のレイリーフェージング伝送路モデルへの適用

以上の研究成果をもとに、より現実的な伝送モデルとしてレイリーフェージング伝送路モデルに対するFCPN等化器の特性を評価した。レイリーフェージング伝送路モデルは陸上移動通信の伝送路モデルとしてよく用いられているものであり、振幅と位相が連続的に変化していくという特徴を持つ。

このような連続性のある伝送路モデルにおいては、前節で述べたようにFCPNの自己組織機能を用いた自動的な追従が可能である。以下にレイリーフェージング伝送路にFCPNを適用させ、その動的な追従性能をLTEと比較した例について、発表論文 [9] を示す。

5 まとめ

以上の研究によって、新しい周波数帯を用いたデジタル移動通信において重要な課題となる多重波伝搬歪みを克服するための1手法として、FCPNを用いた適応等化器が有用であることを示すことが出来た。

6 謝辞

本研究を進めるにあたりご指導いただきました古濱前社長、猪股社長、赤池前室長、小川室長、真鍋前主任研究員、藤井前主任研究員、大鐘主任研究員ならびに無線通信第2研究室の皆様に感謝いたします。

参考文献

- [1] 西村, 吉川, 相川, "ニューラルネットによる周波数検波機能の検討", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, A-291, 1989.
- [2] 真鍋, 藤井, 吉川, "ニューラルネットを用いた多重到来波の到来方向推定方式の比較検討", 信学会春季全国大会予稿集分冊 2, B-81, 1990.
- [3] 真鍋, 金田, "多層パーセプトロン型ニューラルネットによるデジタル伝送路の非線形等化についての検討", 信学会秋季全国大会予稿集分冊 1, A-106, 1990.
- [4] 金田, 真鍋, "自己組織機能を有する階層型ニューラルネットワークによるデジタル伝送路の非線形等化", 第5回デジタル信号処理シンポジウム講演論文集, A-4-3, 1990.
- [5] 真鍋, 金田, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークによるデジタル伝送路の判定帰還型適応等化", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, SA-7-2, 1991.
- [6] T.Manabe and R.Kaneda, "Adaptive Decision-Feedback Equalization of Digital Transmission Channels Using Forward-Only Counterpropagation Networks," in *Proc. IEEE IJCNN'91 SINGAPORE*, pp. 220-225, 1991.
- [7] 金田, 真鍋, 藤井, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークによるレイリーフェージングの適応等化", 第6回デジタル信号処理シンポジウム講演論文集, A-5-4, 1991.
- [8] 金田, 真鍋, 藤井, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークを用いた適応等化器の評価", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, A-150, 1992.
- [9] R.Kaneda, T.Manabe and S.Fujii, "Adaptive Decision-Feedback Equalizer Using Forward-Only Counterpropagation Networks for Rayleigh Fading Channels," in *Proc. of the IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing*, pp. 570-578, 1992.
- [10] 金田, 真鍋, 藤井, "Rayleigh Fading 伝送路モデルにおける Forward-Only Counterpropagation Network 適応等化器の評価", 第7回デジタル信号処理シンポジウム講演論文集, C-4-3, 1992.
- [11] 金田, "Forward-Only Counterpropagation ネットワークを用いたデジタル伝送路等化システムの評価", 信学会春季全国大会予稿集分冊 1, A-139, 1993.
- [12] E.Ogawa and R.Kaneda, "Adaptive Equalization Using Neural Networks for Digital Mobile Communications," in *Proc. of XXIVth General Assembly of the International Union of Radio Science*, FC1-7, 1993.