

M-013

フォールトトレラント SWCNN の分散シミュレーションの実現 A Distributed simulation of SWCNN for Fault-Tolerant

野本 真吾† 森 秀樹† 上原 稔†
Shingo Nomoto Hideki Mori Minoru Uehara

東洋大学 大学院 工学研究科 情報システム専攻

1. はじめに

スモールワールドは近年計算機科学の分野で注目を集めているグラフ構造であり、その構造は完全に規則的でも完全に不規則的でもない中間に位置するグラフ構造になっている。スモールワールド構造は自然界や人工物などのネットワークに見られ、様々な応用研究が考えられている。特にスモールワールド構造がロバスト性を持つことに着目し、フォールトトレラント性の確保[1]に利用することもあれば、ネットワークの構造[2]として利用することもある。本研究ではスモールワールドネットワークを用いて、局所結合のみで設計されたニューラルネットワークであるセルラーニューラルネットワークの性能を向上させたものを更に分散させる。セルラーニューラルネットワークは画像処理、非線形システムのさまざまな現象のモデリング、パターン認識など様々なアプリケーションを持つ。本研究では画像処理用のスモールワールドセルラーニューラルネットワークを作成し、それを3台のコンピュータ上にプログラムとして作成しておき、画像のデータをソケット通信で送り、それを処理の後再びソケット通信で送り返させ最終的にTMR(Triple Modular Redundancy) [3]を行うという方法を取る。

2. スモールワールドネットワーク

2.1 スモールネットワークとは

スモールワールドネットワークは1967年に社会心理学者であるスタンレー・ミルグラムによって実験され[4]この世界を人間同士のつながりにおいて把握すると、その膨大なネットワークはこの世界がある意味で小さい世界であるということを証明しているということを発見した。さらにダンカン・ワッツ、スティーブン・ストロガッツによって定式化が行われた。スモールワールドネットワークは以下の二つの値によって定数化することができる。

・ L (Characteristics path Length)

固定パス長：グラフ中のすべてのノードの組についての最短のパスの平均

・ C (Clustering Coefficient)

クラスタ係数：グラフ中のノード v が k_v 個のノードと隣接しているとき、 $k_v C_2 = k_v (k_v - 1) / 2$ 個のノード間に存在しうる k_v 本のエッジに対する実際に存在しているエッジの割合を C_v とし、すべてのノード v についての C_v の平均をとったもの。

上記の二値の関係が L が小さく C が大きい場合、スモールワールドであるといえる。本来、うまくノードを繋ぎ合

わせるには遠いノードを繋ぎ合わせるのでパスが長くなってしまいが、スモールワールドはパスの長さが全般的に短い上に効率良くノードが繋がりにある状態を意味している。そのためコンピュータウィルス等が効率よく伝搬してしまい、また統一性を欠いたネットワークへの破壊に対しては弱いといわれる[5]。

2.2 β モデル

β モデルはスモールワールドのモデルの一つである。完全に規則的である二次元格子を、乱数に基づいてノード間に繋がるエッジを繋ぎ直すことで図1のようにスモールワールド構造を得る。乱数 γ が $\gamma \geq \beta$ なら変更を加えず、 $\gamma < \beta$ であるときエッジを取り除きグラフ全体から頂点 j をランダムに選びエッジを j へと繋ぎかえる。それを全ての頂点において繋ぎ変えを試みる。

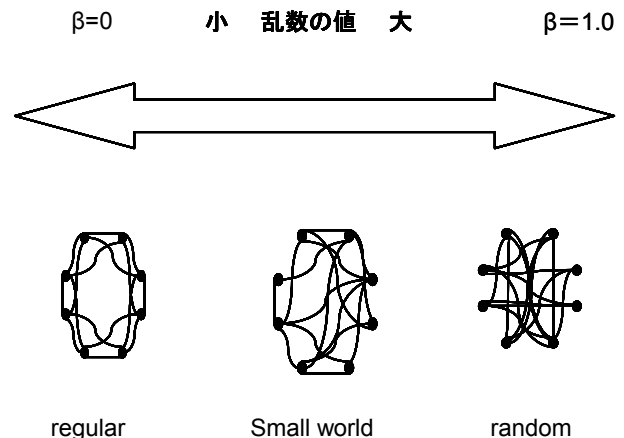


図1 β モデル

3. セルラーニューラルネットワーク

セルラーニューラルネットワークとは、セルという単純な回路が局所に接続されたニューラルネットワークである[6]。セルラーニューラルネットワークには連続時間型セルラーニューラルネットワークと離散時間型セルラーニューラルネットワークがある。連続時間型セルラーニューラルネットワークはセルであるニューロンが規則正しく局所的に接続されたアナログ回路であり、デジタル処理では困難とされるリアルタイム信号処理系を実現できる可能性がある。光で並列入力されるアナログの情報に対しても、高度なA-D変換機の逐次動作を使用せずに複数のダイナミックな量子化動作でデジタル情報に並列に変換し、並列に記憶または伝送する技術を確立できる。

A Distributed simulation of SWCNN for Fault-Tolerant

†東洋大学大学院工学研究科情報システム専攻

†Graduate School of Engineering, Toyo University
Dept. of Open Information Systems

連続時間型セルラーニューラルネットワーク内のセルは近傍セルとのみ接続しているが、直接、相互に接続していないセルともダイナミックな伝搬により間接的には相互に影響を及ぼし合うことになる。連続時間型セルラーニューラルネットワークのダイナミクスは、出力フィードバックと入力フィードフォワードの両方のメカニズムを持っている。

4. 実現方法

通信路の故障等によりノイズが混じってしまったような場合を想定し、二値画像(図 2)にあるノイズを除去する処理を行う。

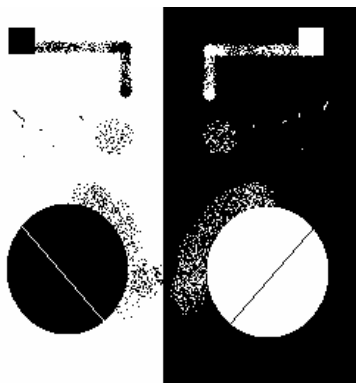


図 2 二値画像

ノイズ除去処理のために、3台のコンピューター上にスモールワールド化させた画像データを処理させるセルラーニューラルネットワークのプログラムを作成し、その結果の画像データを TMR させる。スモールワールドネットワーク化させる際の乱数がコンピューターによって違うので図 3 のように異なるマッピングがなされる。

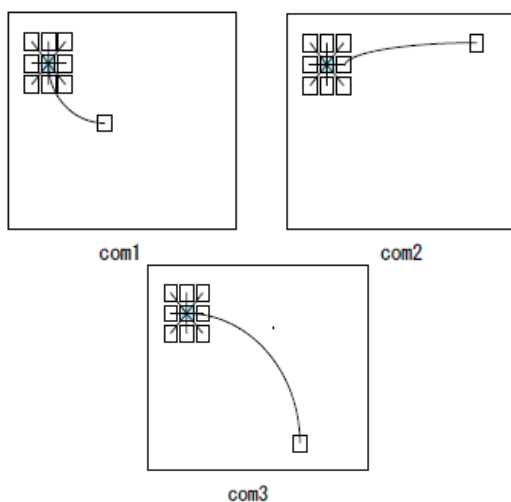


図 3 各コンピューター上に形成される SWCNN

また、各 swcnn によって出てくる値が違うのでサーバホスト側で最終的に図 4 のようにして TMR を行う、それにより、より効果的にノイズ除去を行うことが出来る。これらの一連の処理を図 5 として記す。

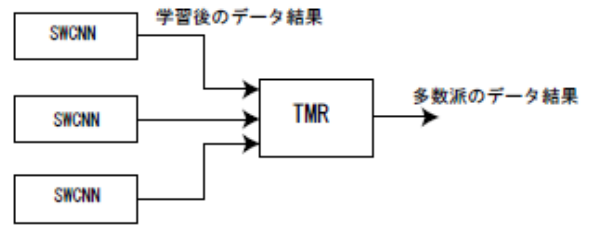


図 4 TMR

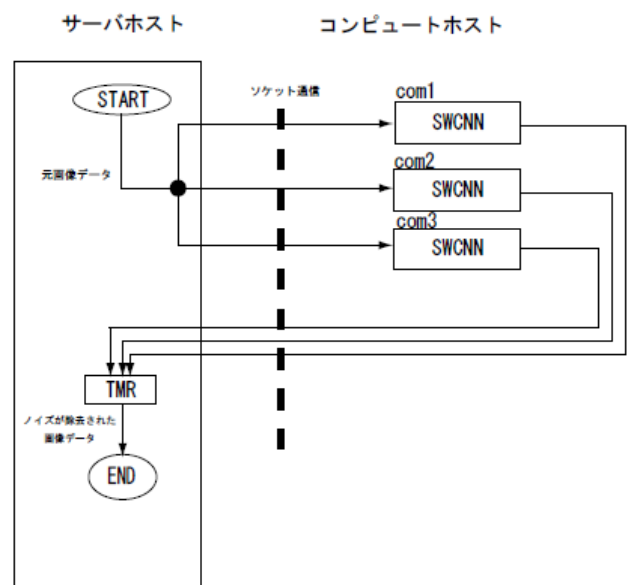


図 5 実現方法

参考文献

- [1]松本勝慶, “画像処理用並列化 Small World Cellular Neural Network 実現と評価”, 東洋大学工学部卒業論文, 2006
- [2]大口尚紀 森秀樹 上原稔, ”スモール・ワールド・ニューラル・ネットワーク(SWNN)による連想記憶の実装及び評価“, 情報処理学会第 69 回全国大会, 1Q-5, 2007
- [3]向殿政男, “フォールトトレラント・コンピューティング”, 丸善株式会社, 1989
- [4]ダンカン・ワッツ 訳 辻竜平 友知政樹, “スモールワールド・ネットワーク 世界を知るための新科学的思考”, 阪急コミュニケーションズ, 2004
- [5]マーク・ブキャナン, “複雑な世界, 単純な法則 ネットワーク科学の最前線”, 草思社, 2005
- [6]田中衛 齊藤利通, “現代非線形科学シリーズ 5 ニューラルネットと回路”, コロナ社, 1999