

先端科学技術研究科 修士論文要旨

所属研究室 (主指導教員)	コンピューティング・アーキテクチャ (中島 康彦 (教授))		
学籍番号	1911196	提出日	令和 3年 1月 20日
学生氏名	野村 武司		
論文題目	Low Energy Implementation Techniques for Analog Spiking Neural Network Hardware アナログSpiking Neural Networkハードウェアの低エネルギー実装手法		
要旨			
本研究では, Spiking Neural Network (SNN)の低エネルギー動作を可能にするアナログVLSI実装について検討する. また, アナログVLSI上でSNNを効率的に動作させるためにStochastic Computing (SC)とスパイク伝搬を組み合わせ, 複雑でコストのかかるスパイクエンコーディングをSCに置き換える Stochastic Spiking Neural Network (SSNN)を提案する. 推論の際, 入力データはTime-Based Stochastic Number (TBSN)の形でSSNNの入力層(確率層)に与えられ, 情報をデューティサイクルによって確率的に伝搬する. スパイクを生成するために必要な入力を中間層のニューロンに蓄積するとスパイクを生成し, 通常のSNNとして中間層以降にスパイクを伝搬する. 一連のアナログ回路は, Time-Based Stochastic Computing (TBSC)とスパイク処理(シナプスとニューロンを含む)に最適化しており, 低エネルギーでコンパクトなハードウェア実装になっている. SSNNの学習には, 学習済みANNの重みをSNNの重みに変換する変換手法をoff-chip学習に採用し, on-chip推論専用とする. SSNNの精度と推論速度を向上させるために, Averaged Principle-Edge Distribution (APED)を用いて画像をベクトルに圧縮する特徴量抽出と, 変換したSNNを追加学習させる再学習技術についても検討する. SSNNの概念実証のために, Pythonによる理想的なシミュレーションと, 180nm CMOS技術でSSNNの回路設計を行い, HSPICE回路シミュレーションを行った. また, MNISTを用いて精度や消費エネルギーを検証した. Pythonによる理想的なシミュレーションの結果, 推論精度が97.49%であることを確認した. HSPICE回路シミュレーションの結果, 204,610個のトランジスタを用いた完全並列回路により, 推論時間10nsでMNISTを約90%の精度で認識出来ることを確認した. また, 1推論あたりのエネルギーは0.22nJと, 既存のSNNハードウェア実装の10.2%であった. 以上の結果から, アルゴリズムとハードウェアの双方からの工夫により, SSNNを実装したアナログVLSIが, 従来のSNNプロセッサと比較して, 低エネルギーであることを確認した.			