

## 論文内容の要旨

博士論文題目

### Primary Visual Cortex Inspired Feature Extraction Hardware Model and Applications

(一次視覚野に触発された特徴抽出ハードウェアモデルとアプリケーション)

氏名 Tran Thi Diem

This dissertation proposes a primary visual cortex inspired feature extraction hardware model that demonstrates brain functions. The model incorporates five special functions: edge detection, SLIT detection, parallax detection, motion detection, and approach detection. Firstly, we suggested combining the edge and SLIT functions into deep neural networks to reduce the training time, pruning weight, and operation. As a result, training time is diminished by 40%, 40%, and 32%, respectively, with MNIST, CIFAR, and SVHN databases on Lenet-5 and CNN models. They also decrease by approximately 10% on larger paradigms such as VGG-16 and VGG-19 with the CIFAR database. Notably, the SLIT architecture merges with most popular CNNs at a slightly sacrificing accuracy of a factor of 0.27% on MNIST, ranging from 0.5% to 1.5% on CIFAR, approximately 2.2% on ImageNet, and remaining the same on SVHN databases. The parameter and operation can omit about 80% in the first and second layers compared with other researches.

Secondly, an optimization hardware model for the inference phase is showed remarkably efficiently on latency, power, and hardware resources. With the Lenet-5 architecture, the results are reduced by 39% of latency and 70% of hardware resources with a 0.456 W power consumption compared to previous works. It is also decreased approximately 10% on hardware resources and latency with the VGG models. An advance in latency is also proved in this research. An enhancement has gained from 2.6% to 16%, equaled with the traditional approach.

In the third proposal, an effective success in adversarial attack applications when applying the SLIT function on spiking neural networks. In against adversarial attack for deep spiking neural networks through white-box settings with different noise budgets and variable spiking parameters, the proposal has improved the accuracy of the results when increasing noise budget. With white-box adversarial attack applications on SNNs, the accuracy of the proposal is approximately 70% higher robustness than the previous works.

氏名	Tran Thi Diem
----	---------------

(論文審査結果の要旨) (A4 1枚 1、200字程度)

本論文は、脳の一次視覚野モデルに触発された特徴抽出ハードウェアモデル（エッジ検出、SLIT 検出、視差検出、モーション検出、アプローチ検出）を提案している。第1に、本 SLIT アーキテクチャは CNN に組み込むことができる。また、エッジ関数と SLIT 関数を組み合わせてディープニューラルネットワークを構成し、トレーニング時間、重みデータ量、および、演算時間の削減を提案している。評価の結果、Lenet-5 および CNN モデルの MNIST、CIFAR、および SVHN データベースを使用した場合、トレーニング時間がそれぞれ 40%、40%、および 32% 短縮されることを示している。また、CIFAR データベースを使用した VGG-16 や VGG-19 などのより大きなフレームワークでは約 10% 減少している。重みパラメータと演算時間は、他の研究と比較し、第1層と第2層で約 80% を省略できている。一方で精度は犠牲になるものの、MNIST では 0.27%、CIFAR では 0.5% から 1.5%、ImageNet では約 2.2% の精度低下に留まり、SVHN データベースでは同レベルを維持している。第2に、推論フェーズの最適化ハードウェアモデルが、遅延、電力、およびハードウェアリソースに関して非常に効率的であることを示している。Lenet-5 アーキテクチャを使用すると、本来の手法と比較して、レイテンシが 39%、ハードウェアリソースが 70% 削減され、消費電力は 0.456W になっている。また、VGG モデルでは、ハードウェアリソースとレイテンシが約 10% 削減されている。第3に、スパイクングニューラルネットワークに SLIT 関数を適用すると、敵対的攻撃アプリケーションに対する防御が強化されることを明らかにしている。さまざまなノイズと可変スパイクングパラメータを使用したディープスパイクングニューラルネットワークに対する敵対的な攻撃に対して、本論文では、ノイズを増やしたときの識別精度が向上している。SNN での敵対的攻撃アプリケーションでは、提案手法の精度は従来方式に比べて約 70% 高い堅牢性を獲得している。

以上、本論文は学術上、實際上寄与するところが少なくない。よって、本論文は博士（工学）の学位論文として価値あるものと認める。