

Lightweight Classification via Sub-Nyquist Compressive Measurements

ビリー, アレクサンダー, ドートン

<https://hdl.handle.net/2324/5068233>

出版情報 : Kyushu University, 2022, 博士 (工学), 課程博士
バージョン :
権利関係 :

氏 名 : ビリー アレクサンダー ドートン

論文名 : Lightweight Classification via Sub-Nyquist Compressive Measurements
(サブナイキスト圧縮計測による軽量分類手法に関する研究)

区 分 : 甲

論文内容の要旨

機械学習は、近年の革新的な技術を様々な面で支える重要な技術基盤の1つである。機械学習が直接的、あるいは間接的にもたらす恩恵は、よりよい社会への変革を手助けするものであると言える。

しかしながら、このような機械学習の恩恵は、膨大なデータに基づいて機械学習モデルを学習することで実現されるものであり、経済的にも環境的にも大きなコストを要する。実際、データを保存し、活用するためには膨大なデータを格納するためのストレージ、高性能な計算機が不可欠であり、ときには法外な費用を要する。実用に向けては事前にデータを取得して機械学習モデルを学習・テストする必要もあり、導入には大量のエネルギーを必要とし、環境に対して大きな悪影響を及ぼす。

本研究では、このような問題の根本的な解決を図る手法として、低い周波数で実世界のアナログ情報をデジタル化し、データ量を根本的に削減する手法を提案する。アナログ情報をデジタル化するには、取得したい信号の2倍以上の周波数、すなわちナイキスト周波数でサンプリングする必要があるが、本提案ではナイキスト周波数未満の周波数、すなわちサブナイキスト周波数で信号をサンプリングしながら一部の周波数のみを取り出すフィルタリング処理を施す。これにより、データ量を削減するとともに従来必要であったフィルタリング処理をサンプリングで代用可能とし、計算量、消費エネルギーの小さい新しいセンシングデータ処理アーキテクチャを実現する。機械学習、その中でも特に多用されている教師あり学習器による分類問題において、分類に必要なデータ量を減らし、データ収集、すなわちセンシングから分類までの一連の処理で発生する計算量、エネルギー、ひいては経済的なコストを削減することを目指す。

本論文では、まず、サブナイキスト周波数でのサンプリングとフィルタリング処理を行う圧縮計測フレームワークを示す。本フレームワークでは、圧縮センシング技術で用いられているランダム復号器を拡張したものとして、マルコフ連鎖に基づいて周波数スペクトルを調整した拡散シーケンスを生成し、生成した拡散シーケンスを入力アナログ信号と掛け合わせた上でサンプリングすることで、サンプリングしながら特定の周波数の信号のみを抽出するフィルタリング処理を行う。本手法ではマルコフ連鎖に基づく拡散シーケンスの周波数特性を、抽出対象の信号周波数と合わせる「マッチング」が不可欠であることから、マルコフ連鎖のパラメータを調整することでマッチングが可能であることをシミュレーションで検証した。

次に、提案するフレームワークを既存の機械学習を用いたアプリケーションに適用し、その効果を検証した。アプリケーションとしては、音響信号と機械学習による車両検出と分類 AVDI (Acoustic Vehicle Detection and Identification) と、モーションデータと機械学習による人間行動認識 HAR (Human Activity Recognition) の2つを対象とした。以降、提案した圧縮計測フレームワークを適用したものをC-AVDI, C-HARと呼ぶ。提案する圧縮計測フレームワークでは、アプリケーションにおいて重要となる周波数帯域を決定し、それを圧縮計測フレームワークで用いる拡散シーケンスの設計に反映させることが重要である。このため、C-AVDI の設計では音響車両センシングにおいて車両の検出・同定に必要な周波数帯域を特定した上で、それにマッチする拡散シーケンスを設計する手順を、C-HAR の設計では様々な行動の認識に必要な様々な周波数帯域とマッチする拡散シーケンスを設計する手順を提案した。そして、それぞれのアプリケーションにおいて分類性能と計算効率を評価し、軽量な処理にも関わらず圧縮計測を行わない場合とほぼ同等の性能を実現できることを確認した。さらに、設計した両アルゴリズムを安価で低性能なマイコン上に実装し、理論通りに動作することを実証した。