

振戦抽出システムと逆位相波発生装置間のインタフェースについて

柳原 健吾 *

2023/05/26

1 はじめに

私は手術支援システムに関する研究を行っています。この研究では顕微鏡カメラ等を用いて行う精密な手術であるマイクロサージャリーにおいて、術者の手の振戦（手の不随意的振動）が手術の妨げとなっています。そこで、振戦を検知し、逆位相の振動を与えて振戦を抑制する支援システムを他大学との共同研究で行っています。本学では、FPGA を用いて振戦抽出システム [1] の開発を行っており、私は主にそのシステムの評価を担当しています。このシステムは顕微鏡カメラで撮影している手術映像から画像処理を用いて振戦の振動成分を抽出します。このシステムは新たにセンサ等を手術器具に取り付ける必要がなく、手術を妨げずに振戦を抽出することができます。また、システムを FPGA で実現することで逆位相の波を用いたノイズキャンセリングに必要なリアルタイム性を確保することができます。また、他大学では逆位相波を手術器具に加振する逆位相波発生装置を開発しています。振戦抑制を行う際には振戦抽出システムと逆位相波発生装置を接続する必要があります。そこで、私は両システム間のインタフェースモジュールを作成しました。

本レポジトリは、作成したインタフェースのレポジトリです。

2 通信規格

振戦抽出システムと逆位相波発生装置の通信規格は表 1 の通りです。

表 1 通信規格

送信番号	データ	概要
1	0xFF	命令ヘッダ
2	フレーム数 (1 ビット ~ 8 ビット)	現在のフレーム数 (下位ビットから 8 ビットずつ送信)
3	フレーム数 (9 ビット ~ 16 ビット)	
4	フレーム数 (17 ビット ~ 24 ビット)	
5	フレーム数 (25 ビット ~ 32 ビット)	
6	先端の移動位置 (1 ビット ~ 8 ビット)	抑制開始時からの相対位置 (μm) (下位ビットから 8 ビットずつ送信)
7	先端の移動位置 (9 ビット ~ 16 ビット)	
8	先端の移動位置 (17 ビット ~ 24 ビット)	
9	先端の移動位置 (25 ビット ~ 32 ビット)	

振戦抽出システムから出力データを受け取ると、インタフェースは表 1 のデータを RS232c シリアル通信により逆位相波発生装置に送信します。

* 長崎大学大学院 工学研究科総合工学専攻 情報工学コース

3 インタフェースの構成

インタフェースの構成を図 1,2 に示します .

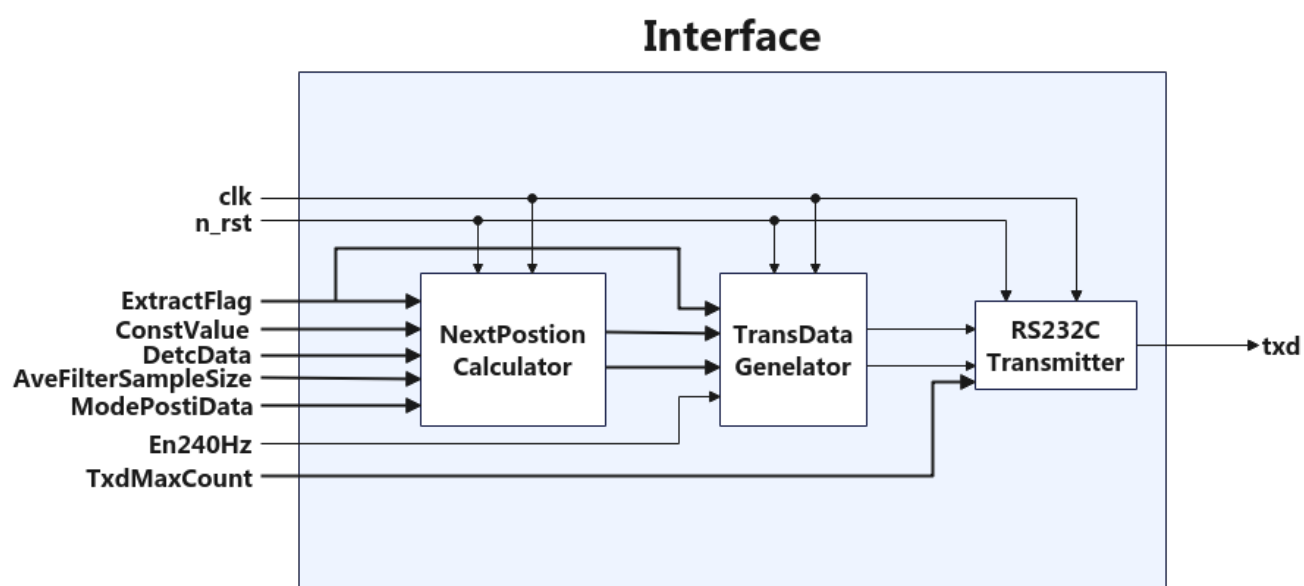


図 1 インタフェースの概要図

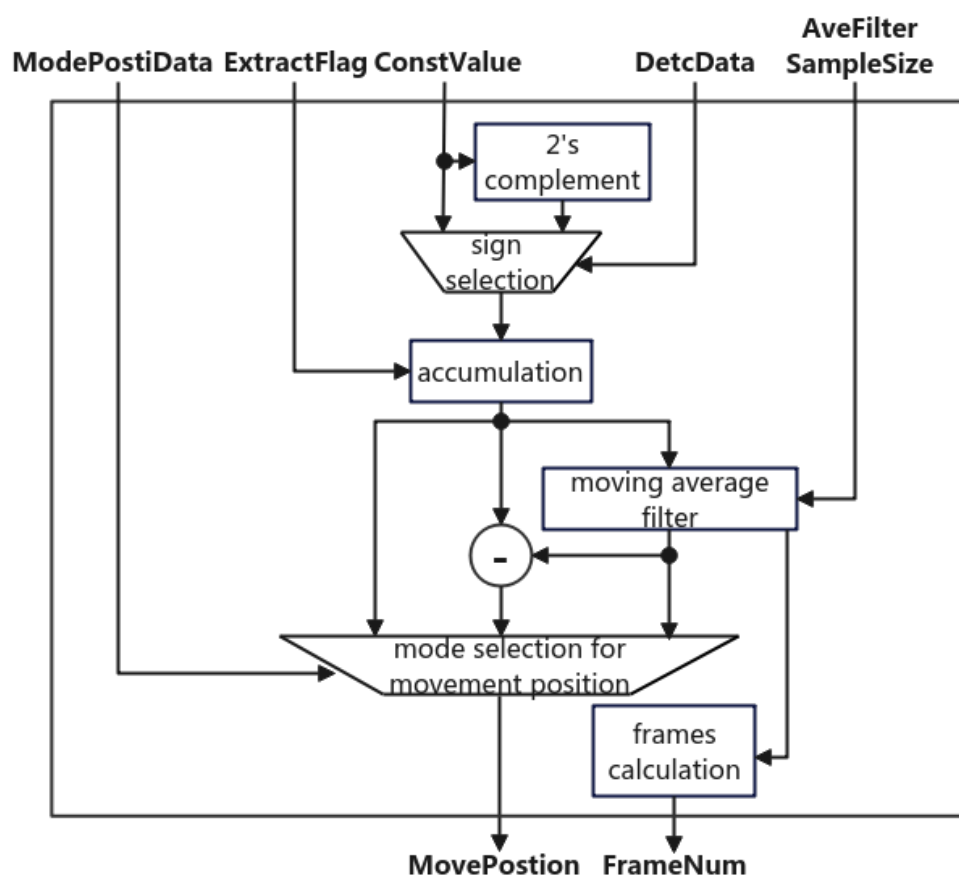


図 2 postion calcurator の概要図

振戦抽出システムは 720p,60FPS の動画像を入力画像とします。振戦抽出システムは 1 フレームの処理が完了すると、振動成分の抽出結果と抽出完了のフラグをインタフェースに入力します。インタフェースは、抽出完了フラグを受け取ると、逆位相発生装置に送信する先端の移動位置を計算します。

振戦抽出システムの出力は位相遅れなく、振動成分を推定できる反面、振動の変位量の推定量の推定については十分な制度が担保されていません。そのため、抽出した振動成分の振動方向 (符号) の情報のみを参考にし、振動の変位量を固定値 (ConstValue) に変換します。抽出結果が 0 の場合は振動成分は 0 になる。変換した値の累積値を計算し、手術器具先端の移動位置とします。次に、移動平均フィルタによるフィルタリング処理を行います。これは、振戦抽出システムがマイナス方向のオプティカルフローを多く抽出する特性があるためです。その結果、累積値はマイナス方向にドリフトしてしまいます。そのため、移動平均フィルタを用いて低周波であるドリフト成分を取り出し、ドリフト除去を行います。送信するデータはフィルタリングの評価を行うために、未フィルタリングのデータ、フィルタリングしたデータ、ドリフトを除去したフィルタの 3 つから ModePostiData 信号線で選択することができます。また、移動平均フィルタのサンプルサイズも AveFilterSampleSize 信号線から変更することが可能です。(2 のべき乗のみ、最大 128 個)

先端の移動位置を計算したあと、TransData Genelator で表 1 の通信規格にしてがって送信するデータを順次 RS232C Transmitter に送信します。また、通常インタフェースは 60Hz で 1 フレームのデータを送信しますが (振戦抽出システムが 60FPS の動画像を入力動画像とするため)、En240Hz 信号線が 1 である場合、計算したデータを 4 分割し、240Hz でデータを送信します。これは、逆位相波発生装置が 240Hz でデータが送信されることを想定しているためです。60Hz と 240Hz でデータを送信した場合の逆位相波発生装置の挙動の違いを調べるために実装しました。

その他、シリアル通信のボーレートも TxdMaxCount 信号線により変更可能になっています (ボーレート/クロック周波数の値を入力)。

参考文献

- [1] Taito Manabe and Yuichiro Shibata. Real-Time Image-Based Vibration Extraction with Memory-Efficient Optical Flow and Block-Bas ed Adaptive Filter. *IEICE Transsactions on Fundamentals of Electronics Communications and Computer Sciences*, No. DOI:10.1587/transfun.2022VLP0009, 2022.