

局所移動平均を用いた除算器の効率的な実装手法

An Efficient Implementation of the Divider using the Local Moving Average

付宇哈 池辺将之 島田武 浅井哲也 本村真人
Yuhan Fu Masayuki Ikebe Takeshi Shimada Tetsuya Asai Masato Motomura

北海道大学 大学院情報科学研究科
Graduate School of Information Science and Technology, Hokkaido University

1. まえがき

ハードウェア実装の除算処理において、乗算と減算の繰り返し処理があり、演算コストが高いという問題が指摘されている。そのため、低レイテンシ型除算器の構成手法が求められている。

この手法は、乗算処理のみを用いて、除算処理を行うことができる。その際に、 $y=1/x$ 曲線に近似した新規補間曲線の生成が必要となる。本報告は、この新規補間曲線の生成方法の提案とともに、除算器への応用・実装技術及び、リソース量の比較結果について述べる。詳細を以下に示す。

$$\frac{y}{x} = y \times \frac{1}{x}$$

2. 新規補間曲線

現在、補間関数の多くはパラメトリック関数によるものが一般的で、陽関数表現である補間データ生成の新規手法の研究は少ない。著者は、点群を一次線形補間する線分に対して、特定の条件で移動平均を行うことにより、B スプライン関数を基礎とする曲線を生成できることを発見した。

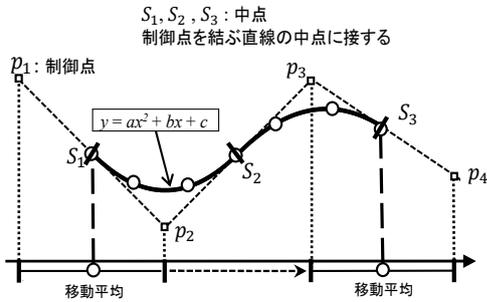


図1 Ensemble of moving average

このとき、2次関数で定義された曲線群により、制御点群の中点を通る連続曲線を生成することができる。この中点の特性を利用し、制御点群の操作によって、その点群を通る曲線を生成することが可能である。これによって得られた曲線は陽関数であり、 x 座標から直接 y 座標を得ることができる。

この関数表現を利用して、事前に必要なデータをテーブル化し、新規補間曲線 EnMA (Ensemble of moving average) Curveを用いて $1/x$ の近似曲線を生成した。同制御点を用いて生成した新規補間曲線の誤差率は、直線近似より大きい。しかし、提案手法は、 x の値が大きくなるにつれて、誤差率が小さくなる傾向を利用して、制御点の操作によって、誤差率は 0.01% 以内になり、13bit 精度の除算器の構成を検討した。

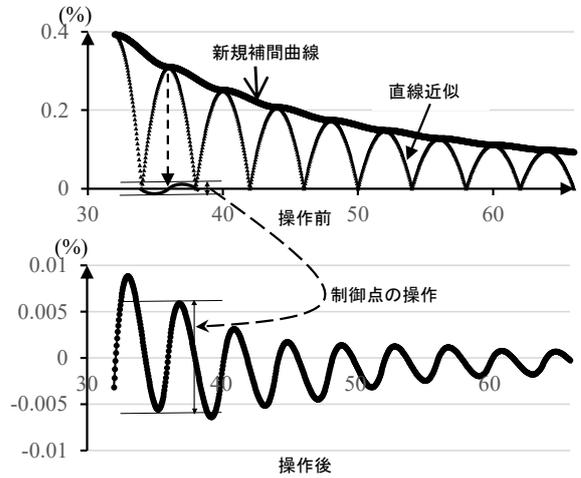


図2 誤差率

3. 低誤差率と小リソースの要求

事前に制御点のデータをテーブル化する必要があるため、有限なリソースの下で、一定の誤差率に抑えなければならない。そこで、数学の約分の概念を用いて、0.01% 以下の誤差率を保ちながら、必要なデータ数を 10 個に絞ることができた。

$$\frac{y}{x} = \frac{y \times \alpha}{x \times \alpha} = \frac{y}{x \times \alpha} \times \alpha$$

[1] A. Rodriguez-Garcia et al., Reconfig 2013.

[2] Performance and Resource Utilization for Divider Generator v5.1, Xilinx

表1 リソース量の比較

Configuration Name	Dividend and quotient width	Divisor width	Latency	Speed (ns)	LUTs	FFs	LUT-FF Pairs	DSP48s	18k BRAMs
提案手法	101	13	1	20	30	30	30	0	0
参考文献 [1]	NA	NA	3	43.7	NA	NA	NA	NA	NA
k7_hr_54_by_50_f28_lowlat [2]	54	50	8	111.1	853	267	104	16	1
k7_hr_10_by_14_f2 [2]	10	14	17	42.9	229	442	216	7	1