

12.9 ゼミ

目標

1. 電気回路で構成されたベクトル行列積演算器
 - ソフトウェア実装
 - ✓ CPU
 - ✓ GPU
 - ハードウェア実装
 - ✓ ASIC
2. 光デバイスで構成されたベクトル行列積演算器
 - ✓ MZIを用いた行列演算器



これらの性能評価・比較

- 評価内容
 - 演算速度
 - 面積
 - 消費電力
 - 精度(MZI)

目標

1. 電気回路で構成されたベクトル行列積演算器

●ソフトウェア実装

- ✓ CPU
- ✓ GPU

●ハードウェア実装

- ✓ ASIC

2. 光デバイスで構成されたベクトル行列積演算器

- ✓ MZIを用いた行列演算器



これらの性能評価・比較

今週の進捗

●評価内容

- 演算速度
- 面積
- 消費電力
- 精度(MZI)

CPUによるベクトル行列積演算

- ライブラリ
 - ATLAS(Automatically Tuned Linear Algebra Software)を使用
- ワードサイズ
 - 32bit
- 評価環境
 - Woodblock
 - CPUスペック(エミュレータ)
 - モデル名 QEMU Virtual CPU version 2.0.0
 - CPUクロック数 2.9GHz
 - キャッシュサイズ 4096KB

現在の状況

- コードを書き終え、デバッグ中

GPUによるベクトル行列積演算

- ライブラリ
 - CUBLASを使用
- ワードサイズ
 - 32bit
- 評価環境
 - 九大研究用計算機システム tatara を使用
 - Tataraのスペック

演算ノード	理論演算性能 345.6GFLOPS 主記憶容量 128GB メモリバンド幅 102.4GB/s
総ノード数	1476ノード
総プロセッサ(コア)数	2952プロセッサ (23616コア)
GPGPU	NVIDIA Tesla K20m (354ノード) NVIDIA Tesla K20Xm (32ノード)
理論演算性能(倍精度実数)の総和	966.2TFLOPS (CPU: 510.1TF, GPGPU[K20m&K20Xm]: 456.1TF)
主記憶容量の総和	約184.5TiB
相互結合網	ノードあたり InfiniBand FDR×1 (片方向 6.78GB/s) グループ (256ノード×5, 196ノード×1) 内フルバイセクションバンド幅 1.7TB/sec
ディスク転送速度	合計 54.7GB/s
ディスクアレイ装置	実効容量 4.032PB

GPUによるベクトル行列積演算

- 現在の状況
 - コードを書き終え、デバッグも終了
- 評価結果

行列サイズ(N × N) N	Flops [GFlops]	実行時間[μs]
32	128	0.7438
128	512	2.55237
512	2048	10.1956
2048	8192	30.1301

MZIによるベクトル行列演算

- モデル式と各パラメータを使い理論値導出

評価結果

行列サイズ(N×N)				
N	MZIベクトル行列積遅延時間[s]	面積[mm ²]		消費電力[W]
3	5.10E-11	30.006		2.70E-02
4	5.30E-11	56.008		3.80E-02
5	5.50E-11	90.01		5.00E-02
6	5.70E-11	132.012		6.30E-02
7	5.90E-11	182.014		7.70E-02
8	6.10E-11	240.016		9.20E-02
9	6.30E-11	306.018		1.08E-01
10	6.50E-11	380.02		1.25E-01
11	6.70E-11	462.022		1.43E-01
12	6.90E-11	552.024		1.62E-01
13	7.10E-11	650.026		1.82E-01
14	7.30E-11	756.028		2.03E-01
15	7.50E-11	870.03		2.25E-01
16	7.70E-11	992.032		2.48E-01
1024	2.09E-09	4192258		5.32E+02

光回路 モデル式 遅延時間

- 入力光が入射してから、回路を通過し受光器で検出されるまでの時間

$$L = L_{MZI} \times (LP_{MZI}(N) + LP_{MZI}(M)) + L_{AMP} + L_{PD}$$

L_{MZI} : 1つのMZIの光が入射して光が出てくるまでの遅延時間

$LP_{MZI}(N)$: $N \times N$ ユニタリ行列を表すMZI回路で通るMZIの最大数

L_{AMP} : アンプに光が入射してから出力されるまでの遅延時間

L_{PD} : 受光器の応答時間

光回路 モデル式 面積

$$S = S_S \times N + S_{\text{MZI}} \times \left(\frac{N(N-1)}{2} + \frac{M(M-1)}{2} \right) + S_{\text{AMP}} \times \min(N, M) + S_{\text{PD}} \times M$$

- S_S : 光源の面積
- S_{MZI} : MZIの面積
- S_{AMP} : 増幅器の面積
- S_{PD} : 検出器の面積

$N \times N$ ユニタリ行列をMZIを使った回路で表すために必要なMZIの数は
 $\frac{N(N-1)}{2}$ 個

光回路 モデル式 消費電力

- 電力消費は位相シフタでの消費電力と光アンプの利得により決定
- 各素子の入力光は0.04mA、アンプは常に最大利得とする

$$P = 2 \times P_{PS} \times \left(\frac{N(N-1)}{2} + \frac{M(M-1)}{2} \right) + P_{AMP} \times \min(N, M)$$

P_{PS} : 位相シフタでの消費電力

P_{AMP} : 光アンプでの消費電力

今後の活動

- MZIを使ったベクトル行列積演算器の精度考察
- ASIC,GPU,CPUでのベクトル行列積演算、評価続き
(～12/12)
- 比較方法の考察
 - 行列のサイズ
 - HWとSWの比較
 - 面積効率？

今後のプラン

[illegible]