

CG 計算機 S I G H T の性能評価

1P-1

成瀬 正 吉田 雅治 高橋 時市郎

NTT 電気通信研究所

はじめに

本稿では、画像生成専用の並列計算機 S I G H T [1,2] の性能評価結果について報告する。評価はマイクロプログラムレベルで S I G H T を完全に模擬するシミュレータによって行なった。

S I G H T のねらい

S I G H T は光線追跡法の高速実行を狙ったアーキテクチャである。光線追跡法は、①3次元空間のベクトル演算を主体とする処理であり、x, y, z 軸に関して対称な演算が極めて多い、②追跡する光線は光線毎に独立に計算できる、という特長がある。S I G H T はこれらを適切に反映したアーキテクチャである。その構成上の主な特長は以下のとおりである。その詳細は文献[1,2]を参照されたい。

①画素レベルの並列処理(マルチプロセッサ)と演算レベルの並列処理(複数の演算器)の2レベル並列処理を実現する。

②PEは、・光線追跡計算における浮動小数点演算を実行する T A R A I ユニット、・T A R A I の起動、画像データの格納アドレス管理、ホストとの通信等を行なう M P ユニット、・画像データを格納する大規模メモリ(DBM)ユニットから成り、機能分散により処理速度の向上を図る。

③T A R A I は、3組の浮動小数点演算器とレジスタファイルをネットワーク結合した構成であり、3次元空間のベクトル演算の高速並列実行を可能にする。

④形状モデルは C S G (Constructive Solid Geometry) モデルである。

性能評価項目

PEの基本的な性能評価項目として、PEの処理速度(動的ステップ数)、T A R A I ユニットの演算並列度(演算器稼働率)を取り上げる。

測定は、処理時間の9割以上を占める交点計算および輝度計算の部分について行なった。被測定プログラムは、MPがT A R A I のルーチンを起動し、その終了を待って、次の処理に移るという構成を採る。その理由は、マシンおよびプログラムの基本的な特性を調べるためである。

生成する画像は、64×64画素で、画面中央に赤い球を配した単純な画像である。尚、今回の測定ではDBMは使用していない。すなわち、画像プリミティブデータは予めMPとT A R A I のレジスタファイルにロードしておいて測定した。

性能評価結果と考察[処理速度]

表1に測定結果を示す。この結果から、以下が指摘できる。

①S I G H T は1クロック120ナノ秒であるから、上記画像の場合、交点計算、輝度計算に要する時間は、0.36秒(3.04Mclock×120nsec)である。V A X 11/780(FPA付き)で同等画像を作成した場合の処理時間は、2.20秒であったから、S I G H T 1 P E の実働性能は約6.1倍である。M P と T A R A I を並行動作させれば、この性能比はさらに向上する。

②光線追跡プログラムでは、MPの走行時間が1~3割、T A R A I の走行時間7~9割であり、浮動小数点演算の割合が極めて高い。交点計算と輝度計

A performance evaluation of the CG computer SIGHT

Tadashi Naruse, Masaharu Yoshida, Tokiichiro Takahashi

NTT Electorical Communications Laboratories

算の処理時間比は20対1であり、SIGHTにおいても交点計算の比率が極めて高い。これらは、後に示す並列処理度からもわかるようにTARAIユニットが効果的に働くことを示している。Idle時間はMPとTARAIの並行動作で削減できる。

③TARAIルーチンを起動する際に次の理由でオーバーヘッドを伴う。TARAIは6クロック周期、MPは1クロック周期で動作する。MPがTARAI周期の途中でTARAIを起動した場合、TARAIは次の周期から演算をはじめめる。従って、その周期の終わりまでがオーバーヘッドとなる。これは、MPとTARAIが共にIdleであった時間として測定できる。このオーバーヘッドは1.5~3%であり、十分小さい。

【演算並列度】

表2に測定結果を示す。演算並列度は次式で定義する。

$$\frac{\text{NOP命令以外の命令実行数}}{\text{全命令実行数}} \times 3$$

ここで、全命令実行数は、TARAIの3個の演算器が実行した全命令数である。TARAI演算器は平均2.36個が稼働した。交点計算、輝度計算全体を通してこれだけの並列度が得られたことは、光線追跡法が3次元ベクトル演算処理であり、その最適化を狙ったTARAIアーキテクチャの有効性が立証できたと考える。

おわりに

SIGHT IPEの処理速度はVAXの6倍、TARAIユニットの演算並列

度は2.36であり、SIGHTにより光線追跡法を高速並列実行できることが実証された。今後SIGHTの性能をさらに高めるため以下の検討を進める。

①MPとTARAIの並列動作の効果、DBMとMP、TARAI間の転送性能、等について評価を進める。

②演算並列度をより高めるために、プログラムの最適化について検討を進める。

謝辞 御指導戴く島田情基部長、塚本統括、増田室長はじめ情三室諸兄に深謝する。

参考文献 [1] 吉田、成瀬、高橋、内藤、「グラフィックス計算機SIGHTの基本構成」情処研報計算機アーキテクチャ60-4(1985)

[2] 高橋、成瀬、吉田、内藤、「グラフィックス計算機SIGHTの基本構成—ファームウェア構成を中心として—」信学技報パターン認識と学習AL85-54 (1985)

表 1 SIGHT実行クロック数

単位 10⁶ CLOCK (1 CLOCK=120nsec)

| | | MP | TARAI | 起動オーバーヘッド |
|-------------|-------|-------------|-------------|-------------|
| 交点計算 | Idle | 2.06 (71.1) | 0.93 (32.1) | 0.09 (3.1) |
| | Run | 0.84 (28.9) | 1.97 (67.9) | |
| | Total | 2.90 (100) | 2.90 (100) | |
| 輝度計算 | Idle | 0.13 (89.4) | 0.01 (12.1) | 0.002 (1.5) |
| | Run | 0.01 (10.6) | 0.13 (87.9) | |
| | Total | 0.14 (100) | 0.14 (100) | |
| Grand Total | | 3.04 | 3.04 | |

注 () 内はパーセンテージ

表 2 TARAIの命令実行数と演算並列度

| | NOP命令 (A) (*10 ⁵) | その他の命令 (B) (*10 ⁵) | 演算並列度 $\frac{B \times 3}{A + B}$ |
|-------|-------------------------------|--------------------------------|----------------------------------|
| 交点計算 | 2.06 | 7.79 | 2.37 |
| 輝度計算 | 0.18 | 0.45 | 2.13 |
| Total | 2.22 | 8.23 | 2.36 |