

3D-3

データ駆動計算機 E D D E N
におけるレンダリング処理石川 和民 泰間 健司 三浦 宏樹 清水 雅久
三洋電機(株) 情報通信システム研究所

[1] はじめに

我々は実用的な並列計算機の実現を目指し、データ駆動計算機EDDEN(Enhanced Data Driven Engine)を開発中であり、既に64台の要素プロセッサを搭載した中規模並列処理システムpEDDEN(personal-EDDEN)が稼動している。

今回、データ駆動計算機であるEDDENが機能分散型の並列処理に適合していることを実証するため、応用分野のひとつとして3次元CGレンダリングを取り上げ、レンダリングに必要な機能を分割して、複数の要素プロセッサに分散配置させることにより機能分散型の並列処理を試みたので報告する。

[2] データ駆動計算機EDDENの概要

EDDENは複数の要素プロセッサがトラス状に相互結合された、分散メモリ型並列計算機である。各要素プロセッサ(PE)はシングルチップの要素プロセッサLSIおよび局所メモリから成る。

EDDENの要素プロセッサLSIには、1)32ビット浮動小数点演算器を備えた循環パイプライン方式の演算機構、2)定形的な繰り返し演算を高速に行うためのベクトル演算機構、3)演算処理に影響されことなくセルフルーティングを行う通信制御機構などを内蔵している[1][2]。

現在稼動中のpEDDENでは64台のPE、ホストインターフェイス及び高速画像表示機構が30cmx50cmx66cmのコンパクトな筐体に収納されている[3]。

[3] レンダラの開発方針

レンダリング処理のアルゴリズムとしては、

- (1)写実的な3次元映像生成を主眼とした光線追跡法、
- (2)高速な映像生成に重点をおいたスキャンライン法がよく知られている。

(1)の光線追跡法(レイトレーシング法)は、視点から各画素へ光線を伸ばし、最初に交差する曲面をその画素に描くべき曲面とし、曲面との交点から反射方向、屈折方向に2次光線を伸ばし、交差する曲面の色を再帰的に求めてゆくことにより、画素の色を決定する方法である。また光線追跡法は画素ごとに全く独立に処理を行える点で並列処理に適したレンダリング手法である[4]。

一方、(2)のスキャンライン法は、各画素毎に独立した処理を行うのではなく、対象となるポリゴン内部におけるコヒーレンス性を利用し、走査線と辺との交点計算、

交点での輝度計算、奥行き計算を簡単な増分計算により行うものである。スキャンライン法の並列化は、光線追跡法に比して難しく、効率のよい機能分割と負荷の分散が必要になると考えられる[4]。

我々は(2)を並列処理により効率よく実行させることを目標とするが、その並列化手法を確立するために、まず(1)を機能分散処理によって実現する方針とした。即ち、(1)をパイプライン的に処理することが可能な複数の処理ステージに分割し、それぞれの処理ステージを1台または複数台のPEに割り当てる方式とした。これによって、各処理ステージにおける複数PEによる並列処理効果と処理ステージ間でのパイプライン処理効果の双方を生かした高効率の並列処理の実現を目標とした。

[4] レイトレーシング処理の機能分割

我々は、レイトレーシング処理における機能を図1に示すような4つの処理ステージに分割した。

a)初期処理部

データの初期化、幾何変換マトリクスの算出、視野変換など初期データ処理を行う。

b)負荷管理部

後述の機能モジュール c)の負荷状況を管理し、処理の終了した機能モジュールに対して次の処理を割り当てる。入力a)または後述の d)からの交点情報、出力は視点座標、視線ベクトル、光線の深さ、画素座標(x,y)、累積color(R,G,B)値、光線寄与率である。

c)交点計算部

b)により割り当てられた光線と全物体の交差判定をおこない、最近接物体と交点までの距離を求める部分であり、最も処理時間を要する。入力b)の出力データ群、出力は視点座標、視線ベクトル、光線の深さ、画素座標(x,y)、累積color(R,G,B)値、光線寄与率、物体属性である。

d)輝度計算部

c)により算出された交点情報を入力として受け取り、その点の輝度を計算し、さらに再帰計算が必要であれば負荷管理部に対して再度交点データを出力し、必要無ければ画面上に描画する。入力c)の出力データ群、出力は反射(屈折)座標、反射(屈折)方向ベクトル、光線の深さ、画素座標(x,y)、累積color(R,G,B)値、光線寄与率である。

Parallel Rendering for the Data Driven Computer EDDEN

Kazuhito ISHIKAWA, Kenji TAIMA, Hiroki MIURA, Masahisa SHIMIZU

Sanyo Electric Co., Ltd.

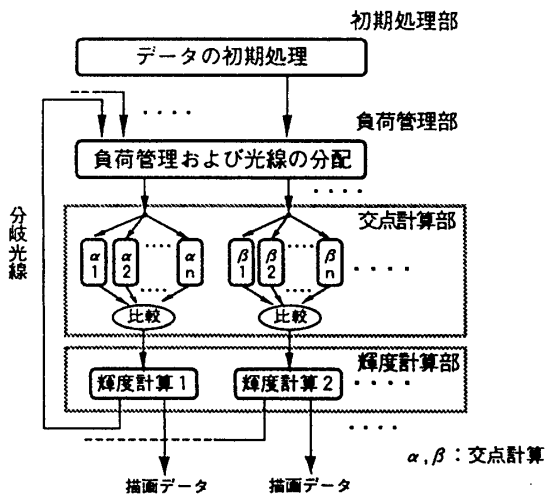


図1 レイトレーシング処理の分割

[5] EDDENへのインプリメント

ここで扱うような機能分散型の並列処理をEDDEN上で実現するためには、

- 1) PE間の通信オーバーヘッドの削減、
- 2) 各PEへの均等な負荷分散、
- 3) 各PEにおいて十分なパイプライン稼働率を得ることなどが重要な課題となる。これらをEDDEN上で実現するために以下のようなインプリメントを行う。

(1) 処理のマッピング

図2に示すように負荷管理部(A)、交差判定部(B)、輝度計算部(C)に各々の負荷に見あったPE台数を割り当てる方針とする。光線追跡法の場合、負荷の大きさは $B > C > A$ であるため図2のように、PE台数が $j > k > i$ となるような割り当てを行う。

また各処理ステージ間の通信距離が小さくなるように各処理ステージを配置するとともに、描画ポートの近くに輝度計算ステージを割り当てることによりPE間の通信オーバーヘッドを削減する。

(2) 負荷分散方式

負荷分散方式としては、(A)のPEが管理者となって、(B)の各PEの稼働状況を管理し、負荷をj台のPEに分配する。一方(B)の各PEから輝度計算部(C)の中のどのPEに要求を出すかは静的に固定とする。(A)により適正な負荷分散ができれば全体の負荷の均等化も図れると考えられる。

また、(B)、(C)の処理では、データ駆動方式の特徴を生かし、各PEにおいても複数の交点計算あるいは輝度計算を多重に実行させる。これによって各PEでの循環パイプラインの充足化が可能になる。

(3) 処理の排他制御

本処理においては、(A)および(C)において、複数のPEからの処理要求を管理するための排他制御が必要である。EDDENではTest & Set命令または

カラー獲得命令によって排他制御あるいは並列性制御が可能である。

EDDENではTest & Set命令でセマフォのセットに失敗したバケットは循環パイプライン上を周回しながら待つ。一方、カラー獲得に失敗したバケットは、オペランド待ち合わせメモリにチェイニングして待つ方式となっている。

今回の処理のように競合する要求が多い場合には、Test & Set命令を使用すると、他の命令実行に悪影響を与える可能性が高い。そこで、本処理ではカラー獲得命令を用いて排他制御を実現することによってオーバーヘッドの低減を図る。

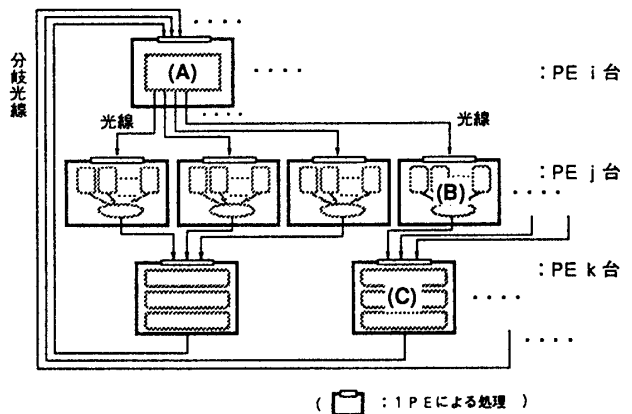


図2 各PEへのマッピングの模式図

[6] おわりに

EDDENの機能分散型の並列処理への適合性を示すため、レンダリング処理に、機能分散を施しEDDEN上に効率よくインプリメントする手法について述べた。

現在、今回述べた手法についてC言語で並列プログラミングを進めるとともに、スキャンライン法についても同様の手法でインプリメントを進めている。今後は、pEDDEN上で評価実験を進める予定である。

参考文献

- [1]三浦他：データ駆動計算機EDDENのアーキテクチャ情報処理学会論文誌，Vol.32，No.7，p838(1991)
- [2]三浦他：データ駆動計算機EDDENの要素プロセッサLSI情報処理学会第42年全国大会講演論文集3H-6
- [3]大橋他：データ駆動計算機EDDENの中規模並列システムの開発，情処学会第43年全国大会講演論文集7Q-2
- [4]太田他：「応用グラフィックス」，アスキー出版局