

リアルタイム画像生成システム AVIP における並列ラジオシティ法

大谷尚毅、米田泰司、望月義幸、日高教行、浅原重夫、鷲鳥敬之

2V-5

松下電器産業株式会社 メディア研究所

1 はじめに

現在我々は映像制作システムのコアプロセッサとして、リアルタイムに現実感の高い画像を生成する並列処理マシン、グラフィック・エンジン(AVIP)^[1]を開発中である。AVIPは、テクスチャマッピングとラジオシティ法による照度計算結果を用いた照度マッピングを施した3D画像を実時間で生成する。ラジオシティ法による照度計算を高速化するには、ラジオシティ計算そのものを高速化すると共に、AVIPの性能を引き出す、効率の良い並列化を行わなければならない。本稿では、これらの高速化手法について報告する。

2 AVIPの構成

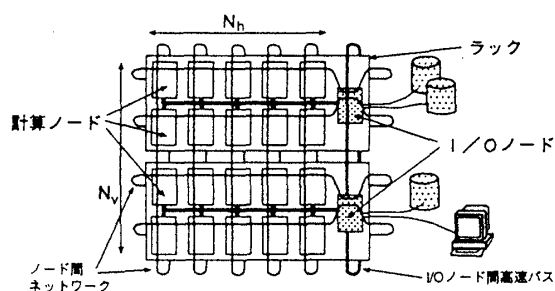


図1: AVIPの構成

AVIPの構成を図1に示す。AVIPは疎結合並列計算機であり、その単位となる計算ノードは、i860XPプロセッサと256KBの外部キャッシュの対が4組、通信ユニット、64MBメモリが内部バスで結合された構成である。1個~10個の計算ノードと入出力のためのI/Oノード1個がラックに格納されており、ラック内の各ノードは外部バス(バック

Parallel Processing of Radiosity Method on Real-Time Graphic System AVIP(Audio Video Information Processor) Naoki OHTANI, Yasushi YONEDA, Yoshiyuki MOCHIDUKI, Noriyuki HIDAHA, Shigeo ASAHARA, Takayuki SAGISHIMA *Media Research Laboratory, Matsushita Electric Industrial Co., Ltd.*

プレーンバス)で結合されている。I/Oノード間をリング状につなぐ高速通信線(I/Oノード間高速バス)と外部バスの併用で、高速に大量のデータを全ノードにブロードキャストすることが可能である。

これに加えて、計算ノードは通信ユニットを介して4本の双方向通信線(ノード間ネットワーク)で(ラックに関係なく)トラス状に接続されている。縦方向の計算ノード数や横方向の計算ノード数は可変であり、拡張性の高い構成になっている。

3 高速化手段

3.1 ラジオシティ法自体の高速化

高品位な照度データを得るため、直接光計算はもとより間接光計算においてもパッチをエレメントに分割し、それぞれのエレメント毎に計算を行なう。ただし、これは交差判定回数が増大をもたらす、処理時間が大幅に増加してしまう。これを防ぐため、補間計算によって高速化を図ったサンプリング法^[2]を利用する。サンプリング法とは、パッチをエレメント分割してエレメント毎に照度を計算する際に、パッチの3個または4個の頂点のデータから他のエレメントの照度を補間計算するものである。これによって交差判定回数を大幅に減少させることが可能である。

3.2 ラジオシティ計算の並列化

ラジオシティ計算の並列化に際して、各計算ノードへの負荷分散の単位としてポリゴン、パッチ、エレメントが考えられるが、サンプリング法を採用した結果、エレメント単位で負荷を調節するのは困難である。また、ポリゴン1個当たりの処理時間の最も短いものと最も長いものの比は1万倍以上にも達するので負荷分散の単位として使い難いうえ、ポリゴン1個で全処理時間の数パーセントもの時間を消費するものもあり、並列度をあまり高められないという問題がある。従って、負荷分散はパッチ単位で行なう。個々のパッチの処理時間のバラツキは数

百倍程度で納まるが、事前にそれぞれのパッチの処理時間を正確に推定できないので、ラジオシティ処理中に動的に負荷分散する。

直接光ラジオシティ計算の負荷分散の方法は以下の通りである。

- 計算ノードのローカルメモリが充分大きいので、全ての計算ノードにポリゴンのデータを配置することが可能である。指定されたパッチID(P-ID)のパッチのデータはポリゴンのデータをパッチ分割することにより作成可能であるため、負荷分散はP-IDを適当に移動させることによって達成できる。
- 計算ノード毎にP-IDを同数ずつ配り、処理を開始する。P-IDで指定されたパッチの照度データを計算し、まとめてノード間ネットワークを用いてI/Oノードへ転送する。
- 残りのP-IDがある一定数以下になったら、ノード間ネットワークでつながれた計算ノードのうち、距離1のもの4個と、無作為に選んだ数個に残りP-IDの個数を問い合わせ、最も多かったものにP-IDの一部を転送するように要求する。

間接光ラジオシティ計算の1ループ分の負荷分散の方法は以下の通りである。

- I/Oノードがラジオシティ値とアンショット値を管理する。各I/Oノードは自分のノード内での最大のアンショット値を持つパッチを探し、I/Oノード間高速バスを用いてデータを交換し、システム全体で最大アンショット値を持つパッチを決定する。
- 直接光計算もしくは前回のループの結果のP-ID配分を初期値として、直接光ラジオシティ計算と同様の手法で動的に負荷分散を行なう。ただし、間接光ラジオシティ計算の結果はラジオシティ値自体ではなくて受信側パッチのラジオシティ値の増分である。
- 計算ノードからラジオシティ値の増分を受けたI/Oノードは、それを足し込んでラジオシティ値を更新する。

このアルゴリズムを評価したのが表1である。これはワークステーション上でのラジオシティ計算の実

ノード数	直接光	間接光
10	9.960	9.935
20	19.88	19.78
100	93.50	91.30
200	171.3	164.0
400	289.1	269.1
1600	635.8	546.6

表1: ラジオシティ処理速度比

測値と、通信にかかるオーバーヘッドをハードウェアの性能とOSのアセンブラレベルで見積もったデータから計算したものであり、計算ノード1個で計算させた処理時間との比で示している。

3.3 交差判定の高速化

サンプリング法の使用などにより交差判定の回数は減少しているが、ラジオシティ計算の処理時間のうち、交差判定を行なっている時間が8割近くを占めていた。このため、レイキャッシュによってこれを高速化することにより所要時間の割合を4割程度まで減少し、ラジオシティ処理全体の高速化を達成した。

4 結論

今回採用した並列化アルゴリズムはAVIPの性能を充分引き出すことが可能である。現在ラック数が2、計算ノード数が20のシステムを試作中であるが、ノード数20程度の場合ほぼ理想的に20倍の性能が望める。

このシステムで20万パッチのデータを処理させると直接光ラジオシティ計算が光源毎に10秒弱で計算でき、パッチエレメントを基本とする間接光ラジオシティ計算も1ループ毎に10秒弱で計算できるので、ループを100回実行しても16分半程度で計算できることになる。この性能はSun Workstation(ss2)の約200倍に匹敵するものである。

参考文献

- [1] 吉岡康介、他「リアルタイム画像生成システムAVIPのシステムアーキテクチャ」情報処理学会第47回全国大会(Oct.1993)
- [2] 中俊弥、他「データの再構成が容易な高画質レンダラ(Rendering Synthesizer)の提案」情報処理学会グラフィックスとCADシンポジウム(Sep 1993)