

9

Conclusões e Trabalhos Futuros

Este trabalho desenvolveu um sistema de cache preditivo para a visualização em tempo-real de grande volume de dados gráficos 2D. Os dados gráficos são abordados com base no conceito de objeto gráfico. Um objeto gráfico é definido por um suporte paramétrico e em cima desse suporte são definidas funções que descrevem a geometria e os atributos desse objeto. Um objeto gráfico 2D é definido por um suporte paramétrico bidimensional. Os exemplos mais comuns de objetos gráficos 2D são as superfícies.

O sistema de cache preditivo foi utilizado em aplicações de visualização de objetos gráficos 2D definido sobre um suporte paramétrico retangular. As aplicações foram desenvolvidas com objetivo de visualizar em tempo-real imagens de satélite e panoramas virtuais. As imagens de satélite e as panoramas virtuais são objetos gráficos 2D definidos por texturas de alta resolução. Em geral, essas texturas não podem ser completamente armazenadas nos dispositivos de armazenamento de alta velocidade como memórias de textura e RAM. Assim, a utilização de técnicas de gerenciamento de memória é indispensável para possibilitar a visualização desses objetos.

O objeto gráfico 2D é particionado em ladrilhos e representado em multi-resolução. A representação em multi-resolução foi implementada através de uma estrutura de árvore quaternária (quad-tree). A aplicação explora a multi-resolução para poder processar uma quantidade de dados praticamente constante. Esta propriedade é independente da forma como o objeto está sendo visualizado, possibilitando sintetizar os quadros gastando a mesma quantidade de tempo. Desta forma, é obtido uma taxa praticamente constante de quadros por segundo. Essa característica é muito importante para visualizar dados em tempo-real.

Este trabalho propôs um sistema de gerenciamento de memória baseado no modelo de memória virtual. A arquitetura do sistema foi desenvolvida para permitir que qualquer tipo dispositivo de armazenamento possa ser inserido no sistema. Os dispositivos são organizados de forma

hierárquica. Nesta estrutura hierarquia o dispositivo mais rápido e com menor poder de armazenamento está no topo, enquanto que o dispositivo com maior poder de armazenamento e mais lento é o último. Esse dispositivo último contém todos os dados do objeto gráfico. Cada nível dessa hierarquia é chamado de estágio de armazenamento. O funcionamento do sistema consiste em reservar um espaço de memória em cada dispositivo da hierarquia e gerenciar esse espaço de forma otimizada. O espaço reservado é dividido em blocos de mesmo tamanho chamados de páginas. Neste caso diz-se que o sistema de gerenciamento de memória é paginado.

O estágio de armazenamento é uma abstração que permite lidar com dispositivos diferentes de maneira única. Essa abstração possui uma interface que possibilita a unificação das operações de leitura, escrita, alocação e liberação de memória. Os estágios estão interligados a partir de um sistema de transferência de páginas. Esse sistema permite que dois estágios consecutivos transfiram dados entre si. Essa ligação viabiliza o tráfego de dados por toda a hierarquia de armazenamento em ambas as direções. Observe que as operações de transferência não estão relacionadas com nenhum tipo específico de dado. Assim, essa parte do sistema é completamente independente do tipo da aplicação.

O sistema de predição está ligado ao sistema de carregamento de páginas. Esse sistema tem a finalidade de estimar os dados que provavelmente serão necessários em um futuro próximo. O desempenho da aplicação está intimamente ligado ao desempenho do sistema de predição. Se o sistema de predição não funcionar corretamente, os dados necessários para a aplicação não serão carregados para o primeiro estágio. Neste caso, a qualidade os quadros sintetizados pela aplicação será muito ruim. Este trabalho propôs um sistema de predição adaptativo para estimar os dados que devem ser carregados baseado na variação dos parâmetros da câmera e na velocidade que esses dados podem ser fornecidos pelo hardware.

As informações dos parâmetros da câmera são utilizadas para estimar a região do objeto gráfico que deve ser carregada. Essa região é chamada de área de carregamento. A informação da taxa de transferência é utilizada para determinar o nível de resolução que deve ser carregado.

A área de carregamento é estimada a partir dos cálculos de velocidade e aceleração dos parâmetros da câmera. Com essas informações é possível estimar a região do objeto gráfico que provavelmente será visualizada num futuro próximo. O cálculo da aceleração é utilizado para evitar a utilização de uma área de segurança em torno da região que está sendo visualizada. A maioria dos trabalhos utiliza essa técnica em seus sistemas de predição. A

grande desvantagem de utilizar a área de segurança é o desperdício de banda para trazer dados que certamente não serão utilizados pela aplicação. Desta forma, dados mais importantes deixam de ser carregados. Essa técnica só funciona bem em dispositivos que possuem altas taxas de transferência.

A velocidade de transferência é utilizada para determinar a quantidade de ladrilhos que pode ser carregada dentro da área de carregamento sem sobrecarregar os dispositivos de armazenamento. O nível de resolução escolhido é aquele que preenche a área de carregamento com o número de ladrilhos mais próximo da quantidade de ladrilhos que pode ser carregada.

Os experimentos com o sistema de predição mostraram que o sistema conseguiu se adaptar as variações de configuração de hardware e de espaço de armazenamento nos dispositivos. O sistema obteve mais de 95% de média de acerto. O tamanho do ladrilho influenciou apenas no desempenho da aplicação. Essa influência está relacionada com os dispositivos de armazenamento. Todos os dispositivos possuem uma granularidade ótima para transferência de dados. Os experimentos mostraram que alguns dispositivos trabalharam melhor com ladrilhos de 64×64 e outros com ladrilhos de 128×128 . Note que o termo desempenho está relacionado com o nível de resolução utilizado para sintetizar os quadros.

Os cálculos de estimativa da área de carregamento mostraram que são sensíveis à situações de descontinuidade de movimento. De fato, esses cálculos são feitos com base nas equações do movimento. A descontinuidade de movimento provoca instabilidade nos cálculos da aceleração dos parâmetros da câmera. Em geral, essa instabilidade provoca picos de aceleração. Isto faz com que a área de carregamento seja muito grande. Desta forma, muitos dos ladrilhos pedidos dentro desta área não serão utilizados pela aplicação.

Outro fator que prejudicou a predição foram os erros nos cálculos das taxas de transmissão de dados. Esse problema foi constatado nos experimentos com os objetos armazenados remotamente. Os erros ocorrem quando a predição é feita com as taxas de transferências baseadas em dados que estão armazenados no disco. Suponha que os novos ladrilhos pedidos não estejam armazenados neste dispositivo. Esses ladrilhos foram pedidos com base na velocidade de transferência em relação ao disco e não em relação à rede. Intuitivamente, o que acontece é que o nível de resolução pedido é maior do que o sistema pode fornecer. Assim, muitos ladrilhos não chegarão a tempo para serem utilizados pela aplicação e serão cancelados.

Esses dois problemas relatados acima ocorreram em poucas situações nos experimentos e não chegou a comprometer a robustez do sistema de

predição. No entanto, isto mostra que a técnica proposta neste trabalho possui algumas desvantagens.

Os experimentos mostraram que o nosso sistema de predição obteve em todas as situações um desempenho igual ou superior ao método de predição por área de segurança. Esse método é atualmente utilizado na maioria das aplicações de visualização em tempo-real. Além disso, ficou provado que a tarefa de predição tem um impacto muito grande no desempenho das aplicações.

A arquitetura hierárquica de armazenamento mostrou flexibilidade e provou que pode ser utilizada em aplicações diferentes. O sistema foi utilizado tanto na aplicação cliente como na aplicação de servidor. A aplicação de servidor foi capaz de lidar com as aplicações de visualização de imagens de satélite e de panoramas virtuais. Isto mostra que o sistema é pode ser independente do tipo da aplicação.

Apesar de não de ter sido explorado na tese, o sistema de gerenciamento de memória também foi utilizado em aplicações de processamento de dados. Os resultados de comparação entre a representação em multi-resolução adaptativa e a imagem original só puderam ser gerados com a utilização do nosso sistema. Para fazer a comparação eram necessários mais de 1.5 Gbytes de memória para armazenar a estrutura em multi-resolução e a imagem de textura. Numa máquina de 768 Mbytes de memória RAM o sistema operacional levava horas para realizar a comparação. O sistema de gerenciamento de memória foi utilizado com o objetivo de evitar que a estrutura em multi-resolução fosse colocada na memória. O resultado foi que a comparação durava no máximo 10 minutos para ser realizada. No processo de comparação o sistema foi configurado para reservar apenas 4 Mbytes de memória RAM.

A desvantagem de utilizar essa arquitetura hierárquica flexível é que o sistema se torna mais complexo. No entanto, essa complexidade não se tornou um problema para plataformas com baixo poder de processamento. A vantagem é que permite adicionar novas tecnologias de armazenamento e se adaptar às mais variadas configurações de hardware mantendo um bom desempenho.

9.1

Trabalhos Futuros

Os possíveis trabalhos de extensão podem ter como objetivo melhorar o desempenho do sistema ou desenvolver novas aplicações onde o sistema pode ser utilizado.

Uma das formas de melhorar o desempenho é diminuir o tempo que o dado leva para chegar ao primeiro estágio de armazenamento. Isto pode ser atingido a partir de técnicas de compressão. Após construir a representação em multi-resolução, os dados dos ladrilhos são comprimidos e em seguida são armazenados em disco. Esses dados são transferidos na forma comprimida até chegar no primeiro estágio de armazenamento. Nesse estágio o ladrilho é descomprimido e colocado a disposição da aplicação. Assim, mais ladrilhos podem ser transferidos por unidade de tempo.

Como foi mostrado nos experimentos, cada dispositivo de armazenamento tem a sua granularidade ótima para transferência de dados. Uma boa extensão para melhorar o desempenho do sistema é permitir especificar o tamanho ideal do ladrilho para cada tipo de dispositivo inserido na hierarquia.

A qualidade visual da visualização pode ser melhorada utilizando os valores dos erros acumulados calculados durante a construção da estrutura em multi-resolução. Os pedidos de carregamento são ordenados em relação a esse erro. Neste caso os ladrilhos que acrescentam mais informação em relação ao seu ancestral são carregados primeiro.

No capítulo 8 (Seção 8.2.4) foi discutido o problema de encontrar uma métrica adequada para medir a qualidade perceptual de um conjunto de imagens. Essas métricas podem ser utilizadas tanto para o desenvolvimento algoritmos de predição mais eficientes quanto para a análise mais precisa do desempenho das aplicações de visualização.

As novas aplicações que poderiam se beneficiar do sistema de gerenciamento de memória incluem as aplicações de visualização de terreno. Para isso é necessário fazer modificações no sistema de predição para se adequar às particularidades que estão relacionadas com esse tipo de objeto gráfico. Os fatores que dificultam a visualização de dados de terreno são a complexidade da geometria que tornam os cálculos de interseção com frustrum de visão mais complexos e a forma como os dados são visualizados (modelo de câmera mais sofisticado) que tornam mais complexos os cálculos que estimam os níveis de resolução que devem ser carregados.

O sistema também pode ser estendido para lidar com objetos gráficos 3D, ou seja, dados volumétricos. Neste caso, o dado volumétrico seria representado em multi-resolução por uma octree. Em teoria todas as regras de carregamento e liberação de páginas são naturalmente estendidas para o caso da estrutura de dados ser uma octree. Na prática é necessário desenvolver um novo sistema de paginação que seja adequado para dados volumétricos.