LEI / LCC
Departamento de Informática
Universidade do Minho

Desempenho

Display Lists e Vertex Bufer Objects

Desempenho

- Tópicos:
  - **Display Lists**
  - Vertex Buffer Objects

Display Lists

- As DL são um mecanismo que permite "compilar" no driver sequências de comandos. Por exemplo:
  - Transformações geométricas
  - Coordenadas de Vértices
  - Coordenadas de texturas e normais
  - Mudanças de estado, ex: iluminação e cores.

Display Lists

- Exemplos:
  - Ao invocar glRotate no modo imediato, é necessário construir a matriz respectiva.
  - Caso glRotate seja incluído na DL, então é possível construir a matriz ao criar a DL, na execução só é executada a multiplicação de matrizes.
  - Uma display list pode também concatenar matrizes resultantes de transformações geométricas durante a sua criação.

Display Lists

- Vantagens:
  - As DLs são armazenadas na memória da placa, se possível.
  - Uma só invocação versus n para cada um dos comandos armazenados.

Display Lists

- Uma *display list* é estática.
  - => Não é possível editar os comandos de uma *display list*.
  - Motivo: A edição de uma DL podia provocar fragmentações de memória, e implicava uma gestão de memória mais exigente.

Display Lists

- Display Lists Hierárquicas
  - Uma *display list* pode conter referências a outras *display lists*.
  - A recursividade não é permitida.
  - O nível de aninhamento, segundo a especificação, pode ir até 64.
  - Para verificar o nível máximo de alinhamento permitido:

```
glGetIntegerv(GL_MAX_LIST_NESTING,GLint *maxlevel);
```

Display Lists

- Display Lists Hierarquicas (cont.)
  - Permitem uma forma básica de edição de conteúdos.
    - Ao alterar uma *display list* previamente aninhada, a "mãe" também é implicitamente alterada.

Display Lists

- Setup

GLuint glGenLists(GLsizei *range* **);**

Gera um conjunto de listas sequenciais. Devolve o índice da primeira lista.

Display Lists

- Definição

```
void glNewList( GLuint list, GLenum mode );
    // comandos para a lista
void glEndList( void );
```

list: o índice da lista
mode: GL_COMPILE ou GL_COMPILE_AND_EXECUTE

Display Lists

- Utilização

glCallList(GLuint *list);*

realiza o render de uma *display list* com o índice *list*.

glCallLists(Glsizei, n, Glenum type, const Glvoid *lists);

render de um conjunto de *display lists*, cujos índices estão especificados no *array lists*.

Display Lists

- Libertar recursos

void glDeleteLists(GLuint listID, GLsizei numberOfLists);

Liberta recursos de uma sequência de comprimento *numberOfLists*, a partir do índice *listID*.

Display Lists

Setup e Geração

```
id = GenLists(1);
glNewList(id,GL_COMPILE);
    glTranslatef(10.0f,5.0f,3.0f);
    glBegin(GL_TRIANGLE_STRIP);
      glVertex3f(1.0f,1.0f,1.0f);
      ...
    glEnd();
glEndList();
```

Utilização

```
glCallList(id);
```

Display Lists

```
void drawSnowMan() {
    glColor3f(1.0f, 1.0f, 1.0f);
// Draw Body
    glTranslatef(0.0f ,0.75f, 0.0f); glutSolidSphere(0.75f,20,20);
// Draw Head
    glTranslatef(0.0f, 1.0f, 0.0f); glutSolidSphere(0.25f,20,20);
// Draw Eyes
    glPushMatrix();
    glColor3f(0.0f,0.0f,0.0f);
    glTranslatef(0.05f, 0.10f, 0.18f); glutSolidSphere(0.05f,10,10);
    glTranslatef(-0.1f, 0.0f, 0.0f); glutSolidSphere(0.05f,10,10);
    glPopMatrix();
// Draw Nose
    glColor3f(1.0f, 0.5f , 0.5f);
    glRotatef(0.0f,1.0f, 0.0f, 0.0f); glutSolidCone(0.08f,0.5f,10,1);
}
```

OpenGL - Display Lists

- Sem Display Lists

```
for(i = -3; i < 3; i++)
        for(int j=-3; j < 3; j++) {
                glPushMatrix();
                glTranslatef(i*10.0,0,j * 10.0);
                drawSnowMan();
                glPopMatrix();
        }
```

OpenGL - Display Lists

- Display List para o boneco

Setup

```
snowManDL = glGenLists(1);

glNewList(snowManDL,GL_COMPILE);
        drawSnowMan();
glEndList();
```

OpenGL - Display Lists

- Display List para o boneco

Utilização

```
for(i = -3; i < 3; i++)
        for(int j=-3; j < 3; j++) {
                glPushMatrix();
                glTranslatef(i*10.0,0,j * 10.0);
                glCallList(snowManDL);
                glPopMatrix();
        }
```

OpenGL - Display Lists

- Display List com todos os bonecos de neve

Setup

```
glNewList(loopDL,GL_COMPILE);
for(int i = -3; i < 3; i++)
        for(int j=-3; j < 3; j++) {
                glPushMatrix();
                glTranslatef(i*10.0,0,j * 10.0);
                drawSnowMan();
                glPopMatrix();
        }
glEndList();
```

Utilização

```
glCallList(loopDL);
```

OpenGL - Display Lists

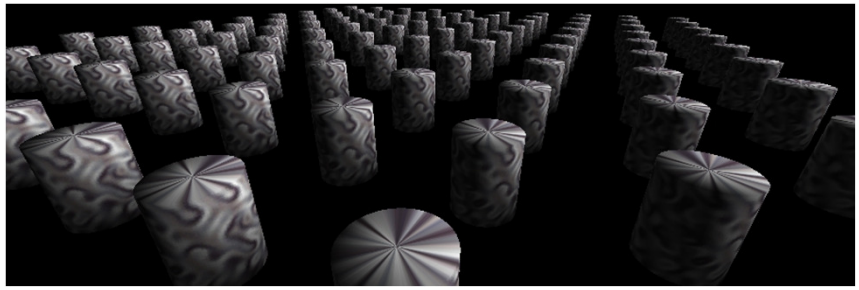
- *Display List* Hierárquica

Setup

```
loopDL = glGenLists(2);
glNewList(loopDL+1,GL_COMPILE);
        drawSnowMan();
glEndList();

glNewList(loopDL,GL_COMPILE);
for(int i = -3; i < 3; i++)
        for(int j=-3; j < 3; j++) {
                glPushMatrix();
                glTranslatef(i*10.0,0,j * 10.0);
                glCallList(loopDL+1);
                glPopMatrix();
        }
glEndList();
```

Display Lists



- Teste
  - 100 cilindros
  - número de triângulos de cada cilindro = {60,600,6000,60000}
  - Pentium 4 2.53Ghz, 1GB DDR 400, GeForce TI 4800 SE

Display Lists

- Resultados

	6000	*60.000*	*600.000*	*6.000.000*
Sem DL	1106	212	22.77	2.17
DL simples	1227	250	**77.53**	**7.91**
DL Hierárquica	1227	251	**77.53**	**7.91**
DL Total	**1581**	**490**	66.01	2.53

Desempenho

- Tópicos:
  - Display Lists
  - **Vertex Buffer Objects**

Vertex Buffer Objects

- São necessárias *3n* invocações de funções para submeter *n* triângulos com coordenadas de textura e normais.
- Objectivo: eliminar o tempo de submissão
- Processo:
  - Definir arrays para coordenadas, coordenadas de textura e normais
  - Submeter os arrays uma única vez, ficando estes a residir na placa gráfica
  - Desenhar com uma única invocação

Vertex Buffer Objects

- Permitem armazenar os vértices de forma optimizada, minimizando a memória gráfica necessária.
- Exemplo: desenhar um terreno com *triangle strips*
- n-1 strips => (n-1) * 2n vértices submetidos
- em array pode-se enviar somente n*n vértices e construir as strips através de um array de índices.

Vertex Buffer Objects

- Passo 1 - Criação dos arrays e activar funcionalidade
  - alocar arrays para vértices, normais, ...
  - Activar Buffers

```
glEnableClientState(GL_VERTEX_ARRAY);
glEnableClientState(GL_NORMAL_ARRAY);
```

Vertex Buffer Objects

- Passo 2: Gerar VBOs

```
GLuint buffers[n];
float *vertexB, *normalB; // arrays de vértices, normais,
   etc...
...
glGenBuffers(n, buffers);
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER,buffers[0]);
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER,arraySize, vertexB,
   GL_STATIC_DRAW);

glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER,buffers[1]);
glBufferData(GL_ARRAY_BUFFER, arraySize, normalB,
   GL_STATIC_DRAW);
```

em bytes

Vertex Buffer Objects

- Passo 3: Atribuir Semântica

  - Indicar para cada buffer qual a sua utilização
  - Define quais os arrays a serem desenhados

```
glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER,buffers[0]);
glVertexPointer(3,GL_FLOAT,0,0);

glBindBuffer(GL_ARRAY_BUFFER,buffers[1]);
glNormalPointer(GL_FLOAT,0,0);
```

Vertex Buffer Objects

- Passo 4 : Desenhar com VBOs

```
glDrawArrays(mode, first, count);
```

mode: GL_TRIANGLES, GL_TRIANGLE_STRIP ...

Vertex Buffer Objects

- Desta forma enviam-se tantos vértices como no modo imediato.
- Através da utilização de índices é possível reutilizar vértices.
- Os índices também podem ser armazenados na placa.

Vertex Buffer Objects

- Define-se um array para os índices dos vértices a desenhar.

```
glDrawElements(modo, count, tipo, indíces);
```

  - **modo**: `GL_TRIANGLES`, `GL_TRIANGLE_STRIP`, ...

Vertex Buffer Objects

- Os índices também podem residir na placa:

```
glBindBuffer(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, buffers[2]);
glBufferData(GL_ELEMENT_ARRAY_BUFFER, size,
pointer, GL_STATIC_DRAW);
```

Para desenhar:

```
glDrawElements(modo, count, tipo, 0);
```

Referências

- OpenGL Reference Manual, OpenGL Architecture Review Board.