

ANIMAÇÃO 3D

Por

Alexis Henriques Guia
Ricardo José da Conceição Antunes
Departamento de Engenharia Informática
Universidade de Coimbra
3030 Coimbra, Portugal
aguia@student.dei.uc.pt
rantunes@student.dei.uc.pt

Resumo – É abordada a animação 3D. Fala-se das várias formas de criação de computação gráfica: keyframing, motion capture e simulação. São abordados os vários processos de rendering. Fala-se dos programas existentes para animação 2D/3D e das aplicações da animação computacional na vida real. Contem um glossário com palavras técnicas. Esta abordagem será útil para quem gostar e estiver interessado nesta matéria.

Palavras chave – animação 2D, animação 3D, computação gráfica, animação computacional, rendering, motion capture, simulação, keyframing

Introdução

A computação gráfica é o conjunto de algoritmos, técnicas e metodologias para o tratamento e representação gráfica de informação através da criação, armazenamento e manipulação de figuras, utilizando-se computadores e dispositivos periféricos gráficos. Os videojogos representam um dos exemplos mais conhecidos de computação gráfica, em que um micro-computador gera dinamicamente imagens que são exibidas numa tela (monitor). As imagens aparecem em movimento e o jogador pode assim interagir com as mesmas, através de botões. A Computação Gráfica “nasceu” junto às primeiras máquinas electrónicas de computação. Em 1950, foi utilizado pela primeira vez um display (tubo de raios catódicos acoplado a um computador), controlado pelo computador Whirlwind I no MIT (Massachusetts Institut of Tecnology), para a geração de imagens gráficas simples. Assim surgia um novo ramo que teria uma importância sempre crescente no mundo: a **Computação Gráfica** (Animação Computacional). Alguns anos depois, a introdução da caneta fotosensível, permitiu identificar elementos no tubo de raios catódicos e assim ter um meio de interagir directamente com a imagem. Ainda na mesma época, surgiram os primeiros traçadores controlados por computadores digitais. Os progressos deste novo ramo na ciência foram lentos durante algum tempo (década de 50), pela inadequação dos computadores existentes e pela não disponibilidade de dispositivos gráficos. Também na década de 50, a Força Aérea dos EUA implementou um sistema de comando de voo (SAGE) baseado em Computação Gráfica. Na mesma época, ainda houve o início da utilização de alguns Periféricos Gráficos, tais como os Terminais Gráficos (1951), Plotters (1953), e Laghtpens (1958). No início dos anos 60, iniciou-se o uso de raios catódicos a cores. Em 1962, Ivan E. Sutherland, apresenta a sua tese de doutoramento no MIT: Sketehpad: A Man-Machine Graphical Communication System, o que lhe valeu o título de “pai da Computação Gráfica moderna”. No seu trabalho, Sutherland descrevia um sistema gráfico, com ferramentas de recursos de desenho 3D, e provava a viabilidade do uso dos computadores para trabalhos de Drafting e Design (desenho e projectos auxiliados por computadores). Este sistema já tinha muitas características dos sistemas de hoje. Por exemplo, o uso de dados estruturados para o desenvolvimento mais efectivo ocorreu quando o assunto se começou a tornar também objecto de interesse na indústria, no principio da década de 60, quando foi iniciada a implementação de alguns sistemas para apoio a projectos de fabricação, no sector automobilísticos e aeroespacial. Ainda na década de 60, foram comercializados os primeiros monitores vectoriais, oferecendo condições para o surgimento dos primeiros pacotes CAD/CAM na área de construção automobilística. No final desta década, apareceram os monitores vectoriais com tubos de

memória. Com o impulso dado por estes trabalhos, surgiram inúmeros projectos de pesquisa e diferentes fabricantes de hardware para Computação Gráfica. Na década de 70 surgiram no mercado sistemas integrados, denominados Turn-key, que geralmente se destinavam a auxiliar os projectos de engenharia. Com o progresso tecnológico na fabricação de memórias, surgiram em meados dos anos 70 os primeiros monitores a varredura, trazendo novas possibilidades para criar e visualizar verdadeiras imagens. Também foi nos anos 70 que ocorreram os primeiros pacotes gráficos e as primeiras conferências do SIGGRAPH (Special Interest Group on Graphics). Foi proposta por um comité essencialmente Norte Americano do ACM SIGGRAPH, em 1977, a primeira padronização gráfica como o “Core Graphics System”, conhecido como CORE. O objectivo era propor, para as aplicações em 2D e 3D, um padrão contendo um conjunto de funções gráficas que, na sua utilização não dependessem dos equipamentos gráficos envolvidos na aplicação. No ponto final da década de 70, foi formulado um outro padrão de gráficos, chamado GKS (Graphic Kernel System), que deveria adaptar-se melhor à grande diversidade dos equipamentos gráficos e das aplicações potenciais, através da introdução da noção de estação de trabalho. O GKS foi adoptado pela ISO (International Standards Organization) como norma internacional em 1985. A introdução da GKS como padrão internacional representou um avanço, porém, na sua versão actual ele não possibilitasse o aproveitamento de certos recursos disponíveis em novos equipamentos gráficos. A proposta em estudo pela ISO de um padrão GKS para aplicações gráficas em 3D, deveria contribuir para expandir a sua aceitação. A nível de padronização gráfica, uma proposta relativamente recente foi feita pela ANSI (American National Standard Institute) e está em estudo pela ISO. Trata-se do PHIGS (Programmer’s Hierarchical Interactive), que cobre os aspectos de modelagem de objectos por hierarquias (pontos não abordados pelo GKS), assim como os aspectos gráficos em 3D. A partir dos anos 80, com a chegada dos micro e dos seus aperfeiçoamentos constantes, as aplicações da Computação Gráfica, deixaram de ser reservadas aos especialistas.

Animação 2D

O impacto das técnicas 2D podem ser espectaculares. Como exemplos de utilização destas técnicas temos o filme ‘ET’, a cena onde o extraterrestre sai disparado com uma bicicleta fazendo-se um close-up deste com a lua. Outro exemplo será a remoção subtil dos arames que suspendiam o super homem. Estas técnicas contribuíram bastante para a animação computacional, através do fornecimento de ferramentas tais como blending (mistura), morphing, embutimento de imagens gráficas em vídeo ou a criação de padrões abstractos de equações matemáticas.

O morphing refere-se à acção de metamorfose de um objecto para outro. No ‘Black or White’ de Michael Jackson, os animadores criaram morphs de pessoas com aparências faciais bem diferentes umas das outras, gerando-se um efeito final bastante agradável. Infelizmente, o morphing é muito trabalhoso porque os elementos chave de cada imagem têm de ser especificados manualmente.

Se embutirmos objectos gráficos numa imagem, podemos introduzir novos elementos numa cena que já existe. Como exemplos temos os fantasmas do filme Gasparzinho, e muitos dos dinossauros do Parque Jurássico foram gerados por computador e depois embebidos no filme. Os objectos poderão ser também removidos de uma cena. Quando o autocarro no filme Speed sobrevoa uma fenda numa ponte que estava parcialmente construída. Essa fenda foi feita digitalmente retirando-se um pedaço de estrada de uma ponte já construída. Tanto o embutir como o de remover são mais difíceis de serem realizadas se a câmara se encontrar em movimento.

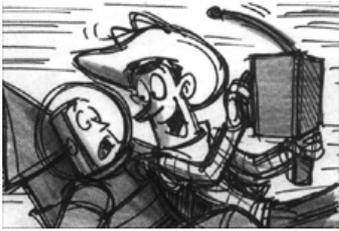
As equações matemáticas são muitas vezes usadas para criar sequências de movimento abstractas. Os Fractais são exemplos bastante conhecidos de padrões gerados a partir de funções matemáticas. O Morphing e a criação de imagens abstractas poderão ser generalizados para utilização em 3D. Todas estas técnicas de 2D poderão ser usadas sozinhas para a criação de uma animação, ou então utilizadas como um processo pós processamento para realçar imagens geradas usando outras técnicas de 2D ou 3D.

Animação 3D

Quando são utilizadas técnicas 3D, o animador constrói um mundo virtual da qual as personagens e os objectos se movem e interagem. Este usa este mundo virtual para gerar imagens de uma animação. A geração de uma animação necessita de três passos decisivos: modelação, animação e renderização.

Passo a explicar agora de uma forma sucinta como quase todas as animações 3D são criadas.

Criação de uma Animação



Storyboards

Imensos desenhos de storyboard são criados como planta para a acção e o diálogo entre as personagens. Estas são revistas várias vezes durante o processo de desenvolvimento criativo.



Modelagem

Com auxílio de programas gráficos 3D, são criados as personagens e os modelos 3D. Estes modelos computacionais descrevem a forma geral do objecto, bem como os controles que os animadores irão utilizar para mover as personagens.



Animação

Qualquer uma das três técnicas possíveis para a criação de uma animação pode ser utilizada nesta fase - Keyframing, motion capture ou simulação.



Sombrear

Utilizam-se programas de computador que descrevem as características da superfície, incluindo texturas, acabamentos e cores, são adicionados a todos os objectos do cenário. Estes programas designados por “shaders”, podem simular uma grande variedade de aparências, incluindo lã, madeira, metal, tecido, vidro, cabelo e pele.



Iluminação

Utilizando “luzes digitais”, cada cena é iluminada mais ou menos da mesma forma que um palco é iluminado. Todos os tipos de iluminação são tratadas para criar um ambiente familiar com o intuito de realçar um determinado tipo de humor para cada cena.



Renderização

Desenha a imagem final, calculando cada pixel da imagem proveniente do modelo, animação, sombreamento, e iluminação. As imagens finais já renderizadas poderão levar até cerca de 24 horas cada até estarem acabadas. Uma vez renderizada, as imagens finais são transferidos para filme, vídeo ou CD-Rom.

Dado que o storyboarding tem mais a ver com arte do que com a intervenção directa dos computadores não iremos abordar este assunto.

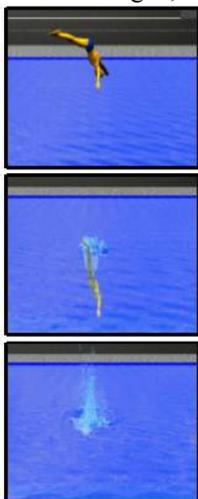
Modelação



Para poder criar movimento, o utilizador necessita tanto de uma descrição estática como de uma descrição dinâmica do objecto. Uma forma comum de especificar esta informação adicional é a de usar um modelo articulado. Um modelo articulado consiste numa colecção de objectos conectados através de junções que se encontram localizados numa estrutura hierárquica em forma de árvore (figura ao lado). A localização de um objecto é determinado pela localização dos objectos directamente acima deste na cadeia hierárquica. Por exemplo, o movimento da junção do cotovelo num modelo humano não irá somente afectar a posição do antebraço mas também a posição da mão e dos dedos. O objecto no topo da hierarquia (ou a raiz da árvore) pode ser movido arbitrariamente, afectando a posição e orientação de todo modelo.

Um segundo tipo de modelo utilizado na animação é um sistema baseado em partículas ou numa colecção de pontos. O movimento das partículas pelo espaço é determinado por um conjunto de regras. As leis da física muitas vezes fornecem uma base para o movimento obrigando assim que os objectos obedeçam à gravidade e que colidam com outros objectos se estes estiverem a partilhar o mesmo espaço no mesmo ambiente ao mesmo tempo. Sistemas modelados por esta base incluem um esguicho de

água, o fumo, etc.



Os objectos deformáveis são o terceiro tipo de modelo, e incluem objectos que não possuem junções articuladas bem definidas, no entanto, são constituídos por uma estrutura demasiado densa para serem representados por um sistema de partículas. Devido à vasta gama de objectos que podemos inserir neste modelo, existem algumas formas fundamentais para se representar objectos deformáveis, incluindo modelos volumétricos, representações superficiais. Água, ar, vestuário, e peixes estão entre os sistemas modelados através de objectos deformáveis com sucesso.

Qualquer um destes modelos pode ser utilizado para descrever uma grande variedade de objectos, no entanto, sistemas complexos requerem modelos híbridos que combinam dois ou mais dos modelos referidos anteriormente. Esta aproximação permite que cada parte do sistema seja modelado à técnica mais apropriada.

A figura do lado esquerdo mostra-nos um mergulhador a entrar na piscina. O mergulhador é um modelo articulado, a piscina é um modelo deformável, o jacto de água é um sistema particular.

Keyframing

O keyframing provém da forma tradicional de animação, o keyframing requer que um animador especifique um conjunto de posições chave para os objectos que estão a ser animados. O computador interpola para determinar as frames que se encontram entre as frames chave. O algoritmo de interpolação é um factor importante na aparência final da acção. A forma mais simples de interpolação, designa-se por interpolação linear. Por vezes, esta interpolação resulta dum movimento que tem um aspecto um pouco instável, isto porque, as velocidades dos objectos em movimento são descontínuos. Para corrigir este problema, outras técnicas de interpolação, tais como as splines, são usadas para produzir curvas interpoladas suaves.

A especificação dos keyframes podem ser mais fáceis com técnicas tais como a cinemática inversa, que ajudam a colocação dos modelos articulados permitindo ao animador especificar a posição de um objecto e ter assim as posições dos objectos, acima de si na hierárquica, calculadas automaticamente. Como exemplo, temos a mão e o torso de uma personagem animada que estarão em posições específicas, a cinemática inversa (inverse kinematics) permite ao computador calcular o ângulo do cotovelo e do ombro. Os produtos de animação comercial incluem a cinemática inversa e rotinas de interpolação desenhadas especificamente para a animação humana. Estas ferramentas levam em consideração factores de manutenção do balanço, limitações dos ângulos das junções e colisões entre os membros e o corpo.

Embora estas técnicas facilitem a animação, o keyframing necessita sempre de um animador que conheça bem os comportamentos do objecto.

Métodos Procedimentais

Tecnologicamente, não somos ainda capazes de gerar acções automáticas para objectos arbitrários; no entanto, algoritmos para movimentos específicos podem ser programados. Estes algoritmos são designados de métodos procedimentais, isto porque o computador segue de uma forma sequencial os passos que se encontram no algoritmo. Estes métodos possuem duas vantagens principais sobre o keyframing: facilitam a geração de acções similares, e podem ser utilizados em sistemas que seriam demasiadamente difíceis de simular à mão, tais como sistemas de partículas.

A Simulação faz referência a um método procedimental que utiliza as leis da física, ou pelo menos uma aproximação a essas leis, para gerar movimento. O movimento simulado é inerentemente realístico e para muitas aplicações isso é uma vantagem. Infelizmente, a construção de uma nova simulação é por vezes um processo difícil necessitando de um conhecimento profundo das leis da física.

Motion Capture

Tradicionalmente, as acções para uma animação são criadas especificando a posição dos objectos a cada instante do tempo. A especificação manual possui uma desvantagem, a de ser muito trabalhosa, e também requerer um grande talento para criar um movimento convincente através de uma série de poses individuais que quando juntas supostamente deverão dar animação a um objecto. Embora os computadores possam reduzir o trabalho através da interpolação dos keyframes, a especificação manual do movimento requer talento e treino.

A motion capture é diferente do processo de criação de animação por observação. Distingue-se por ter uma variedade de utilidades para além da animação, tais como análises bio-médicas, vigilância, análise de performances desportivas, ou até como um mecanismo de input para a interacção entre computador e humano. Muitos dos métodos utilizados no motion capture têm as suas raízes em domínios médicos ou bio-mecânicos.

O que é na realidade a captura? Num sentido, ao apontar uma câmara a alguém consegue-se capturar os seus movimentos. Podemos rebobinar a cassete e rever o seu movimento. A distinção entre esta captura e o motion capture (captura de movimento) é que a segunda cria uma representação que destila o movimento da aparência; codifica o movimento de forma adequada às necessidades de processamento ou análise que necessitamos. Esta definição de motion capture é dependente do objectivo para o qual vai ser utilizado.

O online motion capture é único na sua área. Para produção offline de acções, este método é apenas uma de várias formas de criação de movimento para fins de animação. Em termos de taxinomia de criação de movimento, esta normalmente divide-se em três categorias: Especificação manual, procedimental ou simulação, motion capture.

Captação do Movimento



Motion capture utiliza sensores especiais designados por trackers. Estes trackers registam o movimento de um ser humano. Os dados gravados são depois usados para gerar a animação.

Os passos necessários para a criação de uma animação através da observação são:

1. Planear a captação do movimento e a sua posterior produção.
2. Capturar o movimento
3. “Limpar” os dados
4. Editar os movimentos



5. Mapear os movimentos em torno das personagens animadas.

A ordem dos passos 4 e 5 por vezes variam, dependendo nas ferramentas. Por vezes, estes passos são iterados.

Aparelhos utilizados no Motion Capture

Uma variedade de métodos são usados para “capturar” com sucesso uma acção. O equipamento mais antigo de motion capture era constituído por armações mecânicas utilizados para medir os ângulos das junções. Os primeiros exemplares usavam correias goniométricas desenhadas inicialmente para análises médicas. Mais recentemente, a utilização da tecnologia mecânica tem sido primariamente utilizada na criação de marionetes, esses sistemas foram desenhados para seguir a locomoção do ser humano requerendo que um esqueleto mecânico fosse colocado no voluntário. Existem implementações modernas desta técnica utilizando alternativas menos incomodas.

Os aparelhos magnéticos usam transmissores para criar campos magnéticos que geram um espaço, são empregues sensores que determinam as posições das junções e a orientação do voluntário no interior do espaço criado. As versões mais antigas possuíam vários problemas: Os sensores requeriam cabos que afligiam os voluntários, e existia um erro significativo nas leituras dos sensores, os campos magnéticos eram limitados e havia interferência nestes aquando da introdução de objectos metálicos. O equipamento moderno consegue livrar-se de alguns dos inconvenientes anteriores: versões wireless substituem os cabos e sensores actualizados promovem um melhor desempenho e robustez.

Sistemas de seguimento ópticos usam marcadores visuais especiais no voluntário e um número de câmeras para determinar a localização a 3D dos marcadores. Tradicionalmente os marcadores são objectos passivos, tais como esferas reflectoras, e as câmeras são dispositivos monocromáticos de alta velocidade sintonizadas para captar uma cor específica. Os sistemas ópticos requerem várias câmeras para detectar um marcador para depois poder triangular a sua posição. Poderá haver a possibilidade de perda de um dos marcadores de vista se houver oclusão do marcador por parte de um objecto estranho.

O sistemas ópticos topo de gama por vezes utilizam muitas câmeras (até 24) no esforço de tentar minimizar o risco dos marcadores não serem vistos por câmeras suficientes.

Um desafio de um sistema óptico é o facto de embora estes poderem ver os marcadores, não possuírem nenhum método para saber qual é qual. Ao contrário do sistema magnético, onde cada marcador possui o seu próprio canal de dados, um sistema óptico tem de determinar a correspondência dos marcadores entre frames. Tipicamente isto é feito com software cujo processamento se baseia na continuidade de posições.

Edição de movimento e captura de movimento

As técnicas de motion capture (idealmente) deveriam fornecer movimentos naturais – porquê a necessidade de os mudar? Se está tudo a funcionar correctamente, os dados do motion capture deveriam ser uma reflexão exacta da realidade. No entanto, a discussão de como deveremos modificar uma acção assim que a temos parece ter sempre um grande papel na utilização do motion capture. Um erro comum é a de pensar que a importância da edição de movimento provém do facto de que o motion capture é imperfeito, e que são necessárias ferramentas para efectuar uma limpeza aos dados gravados. Mesmo representando um movimento na perfeição os dados do motion capture por vezes necessitam de alterações ao nível do movimento, razões que poderão incluir :

- *Reutilização*: os dados do motion capture gravam exactamente a acção de um evento. Se quisermos reutilizar os dados para algo ligeiramente diferente, digamos uma personagem diferente ou um movimento ligeiramente diferente, necessitamos de editar os dados.
- *Criação de movimentos impossíveis*: dado que o motion capture grava acções reais, alguma edição é necessária para que acções impossíveis possam acontecer.
- *Imperfeições da realidade*: o movimento real não é perfeito. Voluntários não chegam a atingir objectivos exactos e os movimentos humanos repetitivos não são exactamente cíclicos
- *Mudança intencional*: nem sempre podemos prever que movimento poderemos vir a necessitar, e mesmo que consigamos, alguém poderá mudar de ideias quanto ao efeito final desejado.
- *Adição de movimento “secundário”*: Incorporação de tecidos moles ou de vestuário numa personagem virtual.

Existem questões que tornam a operação com o motion capture mais difícil de trabalhar do que o movimento animado tradicional. Estas questões transcendem a tecnologia usada na captura do movimento:

- Os dados recolhidos são de certeza um factor inconveniente para editar. Sistemas de motion capture fornecem tipicamente uma postura para cada frame do movimento, e não somente os instantes mais importantes do mesmo. Isto significa que muitos dados têm de ser alterados para que uma edição seja bem feita.
- Não existe nada para além dos dados gravados para descrever as propriedades do movimento. Há pouca coisa nos dados que indique quais as propriedades importantes, e o que deverá ser mudado para afectar o movimento. Nem existe nenhum animador que conheça o porquê do movimento.
- Erros sensoriais ou outras falhas poderão conduzir a imperfeições no movimento, necessitando assim de uma limpeza. O que torna este problema um desafio é o facto de não se possuir uma gravação exacta daquilo que se passou (se houvesse, passavam-se a usar esses dados em vez dos dados imperfeitos), é difícil saber-se quando os dados estão incorrectos, e ainda mais difícil saber como é que os devemos substituir.

Visão Computacional e Motion Capture

Há um segmento crescente no grupo de computação por visão que se encontra interessado no problema da análise de imagens de seres humanos em locomoção. As aplicações são variadas, indo desde a vigilância, passando por inputs para interfaces com utilizadores indo até à análise bio-mecânica. Tal como o motion capture tradicional este método tem sido importado dos domínios anteriores para a animação, a vídeo-análise oferece um dispositivo atractivo para a criação de movimento animado.

O potencial para motion capture baseado em visão é enorme: vantagens que vão desde a tecnologia de vídeo convencional ser mais acessível, menos dispendiosa, estorvar menos aos voluntários, e funcione numa maior variedade de ambientes do que os tecnologias actuais. Se o vídeo padrão poder ser analisado, metragens legadas a nós poderão ser usadas para criar animação. No entanto, estas possibilidades requerem que a tecnologia possa fornecer a fidelidade e qualidade que as aplicações de animações requerem.

Simulação

Ao contrário de keyframing e motion capture, a simulação utiliza as leis da física para gerar o movimento de figuras e outros objectos. Seres humanos virtuais são normalmente representados como sendo uma colecção de partes corporais. A parte inferior do corpo poderá consistir do torso, as partes superior e inferior das pernas e os pés, havendo junções rotativas para as ancas, joelhos e tornozelos.

Quando os objectos são inanimados, tais como vestuário ou água, o computador consegue determinar os seus movimentos, obrigando-os a obedecerem a equações de movimento derivadas de leis físicas. No caso de uma bola a descer um monte. A simulação pode calcular o movimento levando em conta a gravidade e forças tais como a fricção que resultam do contacto entre a bola e o chão. Mas pessoas possuem fontes internas de energia e não são meramente objectos passivos ou inanimados. Humanos virtuais, necessitam de uma origem de comandos musculares e/ou motores, designado por “sistema de controlo”. Este software calcula e aplica acções a cada junção do corpo simulado para fazer com que a personagem execute uma determinada acção.

Alguns sistemas de controlo usam máquinas de estado : algoritmos implementados em software que determinam o que cada junção deverá estar a fazer em cada acção, e depois tal como um maestro de uma orquestra, assegura que as junções executam as funções no seu devido tempo. Correr, por exemplo, é uma actividade cíclica que alterna entre uma fase onde uma perna está a fornecer suporte ao corpo, e outra fase quando nenhum pé se encontra no solo. Durante a primeira fase o tornozelo, o joelho e a anca da perna que está em contacto com o solo tem de fornecer suporte e balanço. Quando essa perna se encontra no ar as ancas têm de se mover de forma a preparar-se para o próximo encontro com o solo. A máquina de estados selecciona entre os vários estados das ancas, escolhendo a acção correcta para a fase corrente da corrida.

Associado a cada fase estão as leis de controlo que calculam os ângulos desejados para cada uma das 30 junções simuladas no corpo humano. As leis de controlo são equações que representam como cada parte do corpo deverá se movimentar para conseguir satisfazer uma determinada função em cada fase da acção. Para mover as junções até uma determinada posição, o sistema de controlo calcula as acções apropriadas com equações que agem como molas, puxando as junções até aos ângulos desejados. Essencialmente, as equações são músculos virtuais que movem as várias partes do corpo para as posições desejadas.

Como técnica de sintetização da locomoção humana, a simulação possui duas potenciais vantagens sobre keyframing e motion capture. Primeiro, simulações podem ser facilmente utilizadas para produzir sequências ligeiramente diferentes mantendo o realismo físico, por exemplo, uma pessoa a correr a 4 metros por segundo em vez de 5. Acelerando ou abrandando o playback de uma animação poderá estragar a naturalidade do movimento. A segunda vantagem é que a simulação em real-time permite que exista interactividade, um factor importante em ambientes virtuais e jogos de computador onde personagens artificiais têm de responder a acções de uma pessoa real. Em contraste aplicações baseadas em keyframing ou motion capture seleccionam e modificam movimentos de uma biblioteca de movimentos já computadas.

Um aspecto negativo da simulação, é o conhecimento e a quantidade de tempo necessárias para construir um sistema de controlo apropriado. Está-se a construir actualmente bibliotecas que possam conter já algumas acções pré programadas.

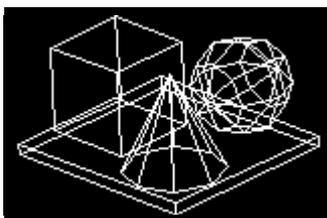
Outra dificuldade é a de adaptar sistemas de controlo preconcebidas e adaptá-las a pessoas diferentes, nomeadamente, utilizar a corrida de um homem adaptando-a a uma criança.

Sombreado

O método *sombrear* adiciona um grau de sombra a cada face de cada objecto. A sombra de cada face do objecto é calculada com base no ângulo entre a face e o sol, as faces são renderizadas com sombras mais leves se estes estiverem virados para o sol, e progressivamente mais escura à medida que estes se afastam do sol. As faces do objecto que estão viradas do lado oposto à do sol são renderizadas com um sombreado ainda mais escuro, visto estes estarem já no interior de uma sombra.

Rendering

A renderização é um processo que o computador utiliza para criar uma imagem de um ficheiro de dados. A maioria dos programas gráficos 3D não são capazes de desenhar uma cena inteira com cores, texturas, luzes e sombras enquanto este corre. Em vez disso animador trata do mesh do objecto. Quando o animador estiver satisfeito com o mesh (malha), ele renderiza a imagem.



O mesh

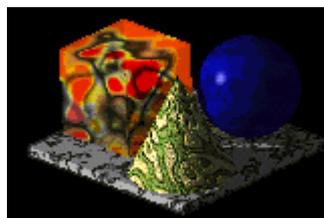
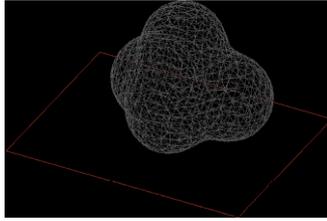


Imagem renderizada

Wire Frame

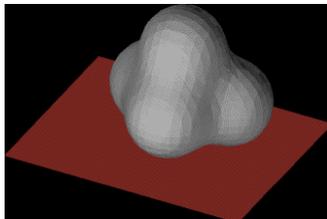
Isto não é na realidade um método de renderização. A maioria dos programas 3D representam os objectos por malhas (mesh). Num wire frame toda secção do mesh é colorida com uma cor mediana da textura, Isto torna-se útil quando se querem aplicar efeitos especiais, ou então executar uma espécie de ante estreia da imagem final. Para levar o wire frame um passo em frente, alguns programas executam um processo chamado de remoção de linhas escondidas (hidden line removal). É tal e qual uma renderização de um wire frame, exceptuando o facto de que as partes da malha que não nos são visíveis não são renderizados caso a malha fosse sólida.

A renderização normalmente leva muito tempo. O tempo que leva a renderizar uma imagem depende da qualidade da renderização. Existem algumas qualidades diferentes de renderização.



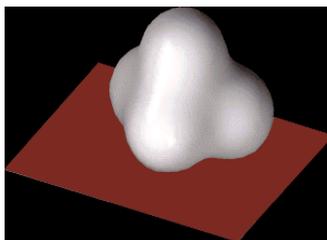
Flat Shading

Este é o método de renderização mais rápido de todos. Alguns programas são capazes de renderizar objectos “flat shaded” em tempo real. Quando estamos a renderizar utilizando o método flat shading, o computador cria uma cor média e depois renderiza cada face com diferentes quantidades de preto e branco adicionados para simular o sombreado. Com este método os objectos têm aparência de serem planos e irrealis. Nenhuma textura é aplicada neste modo



Gourad

A renderização Gourad eleva a renderização para mais um passo. O computador calcula os valores da cor nos vértices de uma face e depois aplica o gradiente à face para simular o sombreado. Este modo não é muito mais lento que o flat shading e poderá também ser renderizado em tempo real por um computador mais potente.



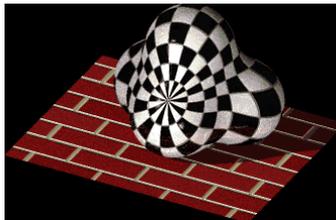
Phong

O phong leva a renderização ainda mais um passo em frente. Ele sonda todos os pixels na área visível e tenta determinar uma cor correcta para cada pixel. O phong leva em conta todas as luzes e texturas. Muitas vezes este método é tão bom quanto os programas de renderização de baixo nível. Os resultados são bastante satisfatórios, e o tempo necessário para renderizar não é muito longa.



Ray Tracing

Esta é a melhor qualidade de renderização! No entanto leva muito tempo, mas os resultados são espectaculares. Tudo é renderizado, incluindo sombras, luminosidade, reflexos e transparências. Também faz outra coisa que outros renderizadores não fazem. Dá à luz um atributo físico. Por exemplo, a renderização de um lápis num copo com água irá dar o mesmo efeito de deflexão que a natureza nos dá: o lápis irá parecer que está partido. Quando um raio simulado de computador traça uma imagem, ele simula um raio de luz real a sair de cada pixel do ecrã. Reflecte e deflecte o raio de luz de uma forma semelhante à da natureza.



Radiosity

Este método é relativamente recente. É capaz de fazer algo que nenhum dos métodos de renderização anteriores são capazes: descobre a relação entre o cenário e todos os objectos presentes. Por exemplo, na vida real, se pegarmos numa bola colorida e a colocarmos num quarto branco, as paredes do quarto irão reflectir um pouco da cor proveniente da bola, fazendo com que as paredes assumam um tom colorido. Esta propriedade não é possível com ray tracing, visto que este não ressalta a luz de objectos mate, tal como uma parede.

O radiosity produz resultados extremamente bons, mas infelizmente existe um senão : o tempo de renderização. Antes do computador começar a renderizar, tem de resolver uma espécie de “modelo radiosity”, este modelo define a relação que o objecto tem com as restantes dentro do mesmo cenário. Só depois é que pode começar a renderizar.



Nem todos os métodos de rendering foram aqui mencionados, tendo sido escolhidos os mais importantes.

Programas

Segue-se uma lista de programas utilizadas no processo de modelagem, animação, shading, iluminação, e renderização.

Programas 2D:

- Softimage Toonz
- D-Paint
- Disney Animation Studio

Programas 3D:

- Alias
- Houdini
- Maya

- Renderman
- Wavefront
- Crystal Topas
- Hash's 3D Animation Pro
- Softimage
- Imagine

Outros:

- Adobe Photo Shop
- Adobe Premier
- Adobe After Effects
- Fractal Designs Painter
- Corel Photo-Paint
- Corel Draw
- Metroworks Code Warrior
- Freehand
- Director

Aplicações

Há algum tempo atrás, era praticamente impossível estudar certos tipos de fenómenos que fugiam à percepção humana. Com a computação gráfica e o aperfeiçoamento de técnicas e métodos computacionais, estes podem ser visualizados, modelados e estudados. Com esta potencialidade, a animação computacional está a ser utilizada em várias aplicações:

- **Publicidade:** o uso desta técnica nesta área é muito frequente. Antigamente, a animação era extremamente difícil de fazer, demorando o profissional vários dias a concluir o projecto. Com a computação gráfica, a mudança de texturas, de luminosidade e de cores é feita através de um simples rendering. Até por vezes, a resolução é tão alta que nem se consegue distinguir se o que estamos a ver é real ou fantasia.
- **Arqueologia:** a arqueologia pode trazer-nos muita informação acerca do passado. Os arqueólogos, com expedições/escavações, recolhem vários dados, usando-os para fazer um modelo físico do local explorado. Ora, estes são frágeis e demoram tempo a serem feitos. Com a computação gráfica, o modelo de um objecto pode ser feito relativamente rápido, sendo feito uma digitalização 3D ao objecto, sem danificá-lo. Com isto, o arqueólogo consegue recriar a cena original em que esteve, e visualiza-la novamente sem no entanto estar presente.
- **Arquitetura (DataCad):** uma das razões do desenvolvimento da realidade virtual foi a sua utilidade para os arquitectos. Assim, qualquer pessoa consegue antever o seu projecto (uma casa por exemplo), sem no entanto estar construída. Desta maneira, todas as falhas do projecto podem ser evitadas, com um mínimo de gastos possíveis (no caso da casa, só depois de construída é que seriam vistos os defeitos desta). Um exemplo pode ser a apresentação do novo estádio municipal de Coimbra (visão geral) e das infra-estruturas a construir (visão mais pormenorizada dos acessos ao interior) para o EURO 2004.



Embora ainda muitos arquitectos usem métodos convencionais, não permanecem dúvidas de que a criação de um modelo através da animação computacional é muito mais rápida e eficiente.

- **Arte:** esta é outra área onde a animação 3D pode ser usada. A quantidade de efeitos especiais que podem ser criados num computador é muito maior do que aqueles possíveis num papel. E ainda, o artista pode controlar a fonte de luminosidade e a textura com simples cliques no rato. No entanto, ainda existem coisas impossíveis de fazer com a computação e que um artista consegue desenhar, mas é apenas uma questão de tempo
- **Química:** a química baseia-se na manipulação de moléculas e átomos, objectos muito pequenos para serem observados a olho nu. Assim, a computação gráfica apresenta-se como uma ferramenta ótima para tal. Muito antes de se conseguir visualizar um segmento de DNA humano, o seu estudo já era possível. Em 1983, conseguiu-se visualizar e simular o comportamento do vírus da SIDA, por exemplo. Através de dados científicos, foi criada uma imagem de síntese bastante geométrica que representava o vírus de forma adequada aos propósitos do estudo. Para além da criação de modelos a partir de dados existentes, podem ser criados novos modelos moleculares e examinar a forma como estes se comportariam na realidade. Da mesma maneira, a ligação de milhões de moléculas seria um processo demasiado moroso para ser feito à 'mão', poupando-se tempo com a computação.
- **Educação:** os professores estão sempre à procura de novas formas de educar os nossos homens pequenos, as crianças. Se estas se estiverem a divertir, a aprendizagem torna-se muito mais fácil. E é com esta ideia que a animação 3D pode vir a ser útil, com o uso de vídeos. Mas para além dos alunos, os docentes também a podem usar, para fazer demonstrações por exemplo. Por exemplo, os matemáticos encontram na computação gráfica uma poderosa ferramenta de auxílio aos seus estudos. Esta permite a montagem de imagens de superfícies previstas pelos matemáticos e o estudo das suas deformações. Ainda se pode obter representações visuais de operações que estão a ser desenvolvidas e paisagens a partir de equações matemáticas com o uso da geometria fractal.
- **Engenharia:** o desenho assistido por computador (Computer Aiding Design - CAD) está em alta na engenharia. Este sistema é usado para projectos, desenvolvimento e desenho final, estando tanto presente em projectos de estradas como na fabricação de automóveis e aviões (teste de resistência da estrutura física bem como a eficiência de equipamentos de segurança), entre outros. Trata-se de uma ferramenta que automatiza as tarefas repetitivas que consomem muito tempo. O utilizador informa o que deseja realizar e o computador desenvolve com rapidez o pedido. O primeiro software CAD para PC a operar inteiramente a três dimensões foi o CADKEY. É uma aplicação desenvolvida por engenheiros americanos que tem recebido constantes prémios como o sistema mais amigável e mais poderoso para uso profissional de projectos em Engenharia Mecânica. Outro projecto desenvolvido inteiramente em computadores foi a construção do Boeing 777.
- **Divertimento:** desde o jogo mais simples ao mais complexo, todos usam computação e animação gráficas.
- **Filmes:** até agora, a animação computacional tem sido popular por conseguir realizar efeitos especiais. É por esta razão que a sétima arte a adoptou. Filmes como 'O exterminador',

‘Matrix’ e ‘X-Men’ tiveram imenso sucesso graças às três dimensões. Geralmente, a computação gráfica é usada para realizar cenários que seriam impossíveis ou extremamente difíceis e perigosos de fazer na realidade, tais como explosões.

‘Toy Story’ foi o primeiro filme realizado inteiramente a partir da animação computacional. Outro filme, sem dúvida espantoso, foi o ‘Final Fantasy: The Spirits Within’, com personagens e o ambiente tão reais que quase que enganava. Aqui a computação gráfica teve um grande crescimento com este projecto.

- **Simulação de voo:** uma vantagem do uso desta técnica nesta área é permitir que um formando (piloto) possa aprender e cometer erros, sem por em causa a vida de outros. A outra são os custos reduzidos (combustível) e rapidez (o simulador pode usado continuamente) na formação. O instrutor ganha também, ao conseguir apontar mais facilmente os erros do seu aluno. Num simulador, tudo pode ser replicado, desde prédios até condições temporais. Um exemplo é o Boeing 777, um dos aviões em que os pilotos, na primeira vez em que voam com ele, já o sabem pilotar.
- **Ciência forense:** os acidentes acontecem constantemente e a qualquer momento e muitas das vezes feridos ou até mesmo mortos. A reconstituição do acidente pode ser importante para entender as causas deste. É aqui que a animação computacional entra, podendo o cenário ser observado de qualquer angulo ou perspectiva (condutor, passageiro ou testemunha ocular).
- **Medicina:** a área médica encontra na computação gráfica uma poderosa aliada. É possível simular o corpo humano e obter conclusões a partir desta. Utilizando uma combinação de dados, dentro deles dados tomográficos (raio X), pode-se reconstituir tri-dimensionalmente o cérebro humano, focalizando possíveis distúrbios, tumores, etc., servindo como referencia fundamental na realização de intervenções cirúrgicas. Da mesma forma, os especialistas podem treinar novas técnicas em pacientes virtuais e o ensino da anatomia humana pode ser feita sem cadáveres. A cirurgia plástica também ocupa um lugar neste campo.
- **Militar:** quer para no exército, na marinha ou na força aérea, é necessário muito treino. O uso de equipamento muito valioso e caro não pode ser feito de qualquer maneira. Assim com a realidade virtual, os militares poderão aprender, com um mínimo de custos e com máxima segurança.
- **Multimedia**
- **Simulação:** existem acontecimentos que não podem ser testemunhados por ninguém, ou por serem demasiados rápidos, ou por serem demasiados pequenos, ou simplesmente, por estarem demasiado distantes. No entanto, existem instrumentos (sensores) que captam esta informação. Com estes dados introduzidos no computador, a simulação pode ser criada, sendo possível a alteração das variáveis utilizadas. Por exemplo, a simulação de ciclones, tufões, e deslocamentos de massas de ar é possível através dos efeitos causados por tais fenómenos.
- **Exploração do espaço:** o ponto mais distante que o homem conseguiu atingir foi a Lua. Mas a curiosidade é um dos maiores pecados do homem. A ida de um homem a um planeta para conhecê-lo demoraria muito tempo a ser realizada, existindo, por isso, satélites, telescópios e outros instrumentos que permitem observar o espaço. Com estes meios, consegue-se obter a informação desejada. Agora, a nossa preocupação é reproduzir o cenário tal como ele seria se estivéssemos lá. Este fenómeno é conseguido com a animação computacional. O estudo de elementos que possuem dimensões não definidas, como o buraco-negro, um objecto extremamente maciço que aprisiona tudo o que está próximo dele, inclusive a luz também pode assim ser realizado. A posição e o movimento de galáxias podem ser avaliados através de simulações. Esta técnica ainda é geralmente usada também na projecção de novos satélites.
- **Televisão:** uma das dificuldades encontradas na televisão nos anos anteriores era a emissão imediata da informação que tinha acabado de chegar à central. Assim, com a ajuda de modelos pre-feitos, esta tarefa consegue ser atingida em poucos minutos.
- **Desenhos animados (cartoons):** a elaboração dos desenhos animados que nos fazem lembrar a nossa infância pode ser muito facilitada com a computação gráfica, para além de aumentar a qualidade destes, aproximando-se cada vez mais da realidade.

Conclusão

A Computação Gráfica é parte da Ciência da Computação e da área de estudo de alguns aspectos da comunicação entre o homem e o computador. O aspecto principal abordado pela Computação Gráfica é o da comunicação visual no sentido “maquina-homem”, através da síntese de imagens em dispositivos de saída apropriados.

Em vez de apresentar um resultado numérico na forma de uma tabela com uma ou duas entradas, esse resultado é apresentado na forma de gráfico em duas ou três dimensões (2D ou 3D), facilitando assim a sua interpretação pelo homem. A síntese de gráficos foi uma das primeiras aplicações da Computação Gráfica na época em que a computação significava essencialmente o cálculo científico. Com a diversificação das aplicações, a Computação Gráfica tomou mais importância. Novas técnicas foram introduzidas para síntese de desenhos industriais, de plantas, a síntese de imagens com realismo visual e até mesmo de sequências de imagens para a realização de animação. No processo de síntese, as imagens são criadas a partir do modelo de um objecto ou de uma cena constituída por vários objectos. Em muitas situações o modelo é criado interactivamente através do controle manual de dispositivos de entrada que permitem a comunicação no sentido “homem-máquina”. Essa interactividade é o segundo aspecto abordado pela Computação Gráfica. Apesar de tudo, a Computação Gráfica tem um enorme potencial não descoberto. O poder de expressão desta ferramenta de geração de imagens ainda não foi plenamente utilizado. O seu amadurecimento resultará em novos recursos de expressão visual. Esta área buscará a consolidação destas diferentes ferramentas de visualização.

Esta é uma necessidade premente, porque a falta de uma linguagem própria e de recursos flexíveis de produção tem sido uma barreira ao seu uso em vários campos de aplicação. Sem uma análise mais atenta, podemos dizer que isso se deve ao desconhecimento da tecnologia ou ao alto custo dos equipamentos. Essas duas razões devem certamente ter influência. No entanto, uma observação mais detalhada nos leva a concluir que os sistemas de visualização atuais ainda não são capazes de atingir alguns resultados obtidos pelos meios convencionais, nem consequentemente de atender as necessidades de certas aplicações.

Para superar esses problemas a Computação Gráfica deveria possibilitar o uso conjunto e simultâneo de diferentes técnicas de visualização. Essas técnicas deveriam privilegiar não apenas o realismo fotográfico, mas também, aspectos gráficos, aliadas com uma interface que permitisse uma interacção simples e eficiente. Não estamos falando sobre o uso do computador como um simples substituto dos instrumentos convencionais, mas sim como uma ferramenta de processamento gráfico. Os seus recursos permitiriam não somente obter imagens de alta qualidade com vários tratamentos, mas também propiciariam a realização de experimentações e simulações diversas com os modelos subjacentes.

Assim, passamos do Sketchpad até os dias atuais em cerca de 30 anos. Uma evolução bastante rápida aconteceu. Porém muito esforço ainda deve ser feito para a Computação Gráfica atingir a sua maturidade e ter identidade própria. Dessa aventura devem participar cientistas, artistas e profissionais de diversas áreas de aplicação, enfatizando ainda mais o carácter multidisciplinar inerente à Computação Gráfica.

Glossário

Anti-Aliasing – processo que ofusca as pontas agudas de uma imagem de forma a disfarçar as pontas denteadas. Depois de renderizar a imagem, algumas aplicações usam o anti-aliasing automaticamente. O programa procura as pontas de uma imagem, e depois borrata os pixels adjacentes para produzir uma ponta mais suave.

Digitalizar – processo que converte um sinal contínuo (tal como som ou vídeo) em unidades distintas que possam ser lidas por um computador ou qualquer outro dispositivo electrónico. Existem várias formas de digitalizar coisas, temos por exemplo o microfone que digitaliza som. O scanner consegue digitalizar uma imagem. Uma câmara digital é capaz de importar vídeo para o computador.

Face – uma face é uma colecção de 3 ou mais vértices colados de forma a criar uma superfície triangular. A maioria dos programas 3D usam faces de 3 lados, mas alguns suportam faces de 4 lados. Uma colecção de faces é designada de malha (mesh). Cada face possui uma entidade designada por normal. A normal define que lado da face é considerado o interior de um objecto, e que lado é considerado o exterior.

Fractais – fractais são imagens complexas geradas por um computador de uma única fórmula. Muitas vezes são coloridas e tem um aspecto agradável para a vista. Um fractal é criado usando iterações. Isto

significa que uma formula é repetida com valores ligeiramente diferentes várias vezes seguidas, tomando em consideração os resultados obtidos na iteração anterior. No fim os resultados são convertidos num gráfico. Nos fractais, as pequenas imagens que compõem a imagem assemelham-se à imagem final.

Hierarquia – quando estamos a modelar uma personagem, é por vezes útil estabelecer uma hierarquia entre todos os objectos que constituem a personagem. Para explicar aquilo que é a hierarquia consideremos um modelo de um ser humano. Temos 5 dedos. Cada dedo está conectado à mão. A mão está conectada ao antebraço que por sua vez está ligada ao braço. Finalmente este está ligado ao torso. Se fossemos modelar um braço humano, provavelmente utilizaríamos a mesma hierarquia.

Cinemática Inversa – se já tivermos uma hierarquia estabelecida, alguns programas permitem tomar partido de um processo designado de cinemática inversa para posicionar e animar as personagens. Ao contrário da hierarquia comum, na cinemática inversa, só temos de puxar no objecto que se encontra no fundo da hierarquia e as restantes junções seguirão. Isto é possível porque o computador calcula a posição dos objectos que se encontram mais acima na hierarquia de acordo com restrições e outros parâmetros especificados pela personagem.

Malha (mesh) – uma malha consiste numa colecção de faces que descrevem um objecto. O objecto poderá ser qualquer coisa, uma esfera, uma pirâmide, um pneu ou até um elefante. As faces estão organizadas de tal forma que estas formam a superfície exterior do objecto. Pode ser considerado como sendo a pele do objecto. A malha normalmente aparece sobre a forma de um wireframe, isto porque o wireframe mostra-nos as faces e o contorno, não levando muito tempo para renderizar.

Morphing – é um método que faz com que as imagens transitem. Também é uma dos métodos mais complexos. Um morph tem a aparência de duas imagens fundindo uma na outra de uma forma muito fluida. Explicando termos técnicos, as imagens são distorcidas e depois extinguidas de uma forma subtil.

Pixel – é o átomo de qualquer imagem digitalizada. Corresponde ao elemento mais pequeno de ser desenhado para um monitor. Cada imagem é composta por uma grelha de pixels. Quando estes pixels são “pintados” para o ecrã, eles formam a imagem. A grelha de pixels designa-se por bitmap.

Real Time Rendering – renderizar em tempo real significa uma actualização do ecrã com a imagem já renderizada em vez de aparecer uma malha. Renderização em tempo real é muitas vezes feita em modos de renderização planos. Isto porque quanto mais complicada a renderização maior a necessidade computacional, e daí não se poder renderizar em tempo real. A renderização a tempo real é o que torna possível a realidade virtual.

Renderizar (rendering) – é um processo que o computador utiliza para criar uma imagem de um ficheiro de dados. A maioria dos programas 3D não são capazes de desenharem toda a cena enquanto esta corre com todas as cores, texturas, luzes, e sombreado. Em vez disso o utilizador trabalha com uma malha, uma representação rude dos objectos. Quando o utilizador estiver satisfeito com a malha, este renderiza a imagem.

Referências

- pesquisa na Internet

Poderá encontrar imagens e vídeos relacionados com animação 3D em <http://student.dei.uc.pt/~aguia>