

Geração de Ambientes Rodoviários Para Simulação de Condução

Carlos Campos
Univ. M / ISEP
ccampos@ipp.pt

Vítor Cunha
ISEP
vmc@dee.isep.ipp.pt

J. Miguel Leitão
ISEP / INESC Porto
jml@dee.isep.ipp.pt

R. S. Tomé, 4200 Porto, Portugal

Sumário

Este artigo, apresenta uma ferramenta desenvolvida para a geração de ambientes rodoviários, destinada a simuladores de condução, baseando-se essencialmente na informação de traçado longitudinal, e informação de perfil transversal.

Esta informação pode ser obtida directamente de qualquer projecto de vias rodoviárias. A ferramenta permite modelar também a sinalização vertical e a sinalização horizontal, de forma, a ser utilizada por um simulador de condução.

Os modelos obtidos por esta ferramenta são otimizados para a implementação de simulações visuais interactivas, utilizando técnicas como a organização espacial (árvore de objectos), LOD (level of detail), e o Layer (camadas).

A ferramenta desenvolvida, foi já utilizada na implementação de dois ambientes rodoviários para simulação de condução, demonstrando que, permite gerar ambientes de elevada qualidade, reduzindo simultaneamente o tempo necessário à preparação de experiências de simulação de condução.

A ferramenta apresentada foi posteriormente vocacionada para o simulador de condução “Dris”, (“Driving Simulator”).

Palavras chave: *simulação de condução, representação gráfica, representação vectorial, ambiente rodoviário.*

1. Introdução

Hoje em dia, os simuladores de condução, são importantes, em áreas muito diversas, nomeadamente, na psicologia, e na engenharia de tráfego.

Na psicologia, para estudos de comportamentos dos condutores em diversas situações específicas, como por exemplo, ultrapassagens com risco de colisão frontal. Nesta situação é evidente que o risco humano é nulo, em comparação com uma situação real, daí a preferência pelo uso de simuladores de condução.

Em engenharia de tráfego, este é usado, para estudo dos traçados, não só os já implementados na realidade, bem como os que se encontram em fase de projecto, permitindo experimentar o traçado final com condutores reais.

Independentemente do objectivo do estudo, a realização de experiências num simulador de condução exige a prévia preparação dos modelos dos ambientes rodoviários, onde estes podem facilmente atingir várias dezenas de quilómetros. Estas grandes dimensões e os elevados requisitos de realismo, tornam a criação destes ambientes rodoviários, um processo muito complexo e dispendioso de recursos. Para além destes aspectos, é necessária

informação gráfica, e informação vectorial, do traçado longitudinal e traçado transversal das vias.

As dificuldades são devidas não só à enorme quantidade de objectos elementares que é necessária para preencher de forma realista um ambiente, mas também às imposições de compatibilidade do modelo obtido com os sistemas de simulação e visualização a que se destinam. Um modelo de um ambiente virtual com alguma complexidade pode facilmente atingir um número de polígonos que torna impraticável qualquer tentativa de o especificar de forma manual. Para isso usam-se normalmente ferramentas de modelação que, apesar de permitirem uma redução drástica do esforço necessário, não impedem que o processo de modelação seja considerado como trabalhoso.

Um simulador de condução requer a preparação de bases de dados com a descrição de cenários de regiões geograficamente extensas, com estradas correctamente modeladas em função das normas e tradições do país que se pretende simular. Esta especificidade de ambientes dificulta o aproveitamento de desenvolvimentos

realizados noutros países, mesmo quando os problemas de compatibilidade técnica se apresentem superáveis.

A forma como se organizam os diversos componentes de uma cena é também uma questão importante, como é descrito em [Leitão00], o desempenho dos sistemas de síntese de imagem pode ser drasticamente afectado pela qualidade da representação e organização dos ambientes modelados. Para além dos problemas de compatibilidade com o sistema de simulação e visualização que aparecem associados à informação geométrica do ambiente utilizado, sempre que se deseje incluir participantes autónomos virtuais ou avaliar desempenhos de participantes humanos, é fundamental que outros níveis de informação coexistam com a informação geométrica. É vulgar encontrar, nos simuladores de condução destinados a estudo científico, duas bases de dados distintas mas correlacionadas para especificar um mesmo cenário. Uma destas bases de dados destina-se unicamente ao processo de visualização e contém as representações geométricas dos objectos e as suas propriedades visuais. Para a implementação desta base de dados utiliza-se frequentemente um dos formatos de modelação conhecidos que permitem uma organização optimizada para a visualização em tempo real. A outra base de dados contém informação lógica vectorial que facilita a consulta, em tempo real, do ambiente rodoviário. Esta base de dados inclui normalmente representações de alto nível da rede viária, dos veículos, da sinalização e de todos os outros elementos cuja consulta rápida é importante para a simulação e o controlo dos cenários.

1.1 Trabalhos prévios

Existem muitas ferramentas de modelação 3D disponíveis no mundo, destas apenas uma pequena parte delas, é vocacionada para geração de ambientes, e para simulação em tempo real.

O conhecido software comercial de modelação de ambientes virtuais destinados a aplicações de tempo real *Multigen Creator* [MultiGen99] disponibiliza, em opção, um conjunto de ferramentas adicionais específicas para a modelação de estradas e ambientes rodoviários. Este conjunto de ferramentas é baseado em software desenvolvido no âmbito de um simulador de condução construído na Universidade de Iowa

No entanto, é reconhecido que a preparação de ambientes para simuladores de condução possui requisitos específicos, que não podem ser completamente satisfeitos por este ou outro software comercial disponível.

Uma estratégia de modelação de estradas para simuladores de condução mais próxima da aplicada na ferramenta descrita neste artigo, foi apresentada em [Baya98]. Esta estratégia demonstra já grandes possibilidades, no entanto, a implementação realizada não é adequada a todas as realidades rodoviárias e ambientes de simulação.

A estratégia a seguir, consiste em desenvolver uma ferramenta, em que à entrada exista duas fontes de informação, perfil transversal e eixos das vias. E à saída dessa ferramenta, duas bases de dados, representação gráfica, representação vectorial. As fontes de dados à entrada serão de fácil precessão, em que utilizador, consiga manipular facilmente, permitindo de certa forma uma interacção com o ambiente rodoviário gerado. Outra característica, será a portabilidade da ferramenta para outros sistemas.

1.2 Organização do documento

No capítulo 1, apresenta-se uma introdução às finalidades dos simuladores de condução, a dificuldade na criação de ambientes rodoviários específicos para realização de experiências. Breves referências a trabalhos prévios, assim como conceito geral da ferramenta desenvolvida. No capítulo 2, encontra-se descrito de uma forma geral os aspectos mais importante envolventes na implementação da solução, bem como a implementação da ferramenta, tratamento de dados e descreve-se o fluxo de informação. No capítulo 3, são descritos exemplos em que a ferramenta foi utilizada para gerar o ambiente rodoviário, com elevado nível de satisfação, e reduzido nível de complexidade para o preparador da experiência. No capítulo 4, são mencionadas as conclusões finais, a suas vantagens, bem como desenvolvimentos futuros. No capítulo 5, são apresentadas as referências bibliográficas.

2. Implementação

2.1 Definição de eixos das vias

Num projecto de engenharia civil, os eixos das vias, podem ser definidos por um conjunto de: Rectas; Arcos de circunferência; Clotoides. Uma clotoide, ou espiral de cornú (figura 1), trata-se de uma curva paramétrica, definida pela equação: $s \cdot \rho = A^2$, descrita em [Javier03], em que:

- s, longitude do arco (comprimento do arco)
- ρ , raio de curvatura
- A, parâmetro da clotoide

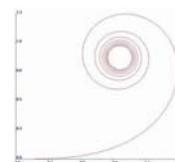
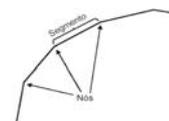


Figura 1 – Clotoide

A partir desta informação é extraído um conjunto de pontos 3D, a união dos vários pontos por pequenos segmentos de recta, dão origem a uma polilinha, constituída por pequenos segmentos de recta, interligados entre si. Na figura 2, pode se observar, a união dos pontos 3D, formando pequenos segmentos de recta, que por sua vez formam a polilinha.

Figura 2 – Polilinha.



Entende-se por polilinha, uma sequência (linha) de segmentos de recta, segmentos estes originados pela

união de pontos 3D, amostrados das: rectas, arcos de circunferência e clotoides.

O preparador de uma experiência de simulação de condução pode utilizar esta ferramenta em conjunto com um vulgar editor de texto para especificar todo ambiente de simulação.

Como se pode observar pela figura 3, temos duas fontes de informação de dados à entrada, que devidamente tratados pela ferramenta implementada, geram duas saídas de dados, de diferentes tipos.

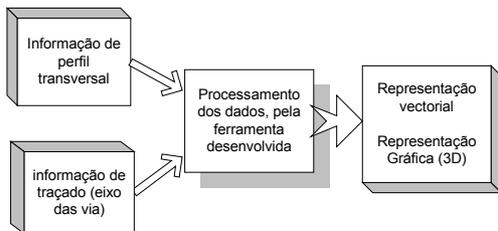


Figura 3 – Diagrama de dados.

2.2 Obtenção dos polígonos

As vias, tal como os outros objectos 3D, serão representados por uma aproximação poligonal. Ou seja, as vias serão representadas por uma cadeia de polígonos, mais propriamente de triângulos, a toda a largura das vias, como se apresenta na figura 4.

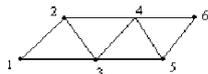


Figura 4 – Representação poligonal por triângulos.

Para a obtenção dos vértices dos polígonos que compõem as vias, utiliza-se cálculo vectorial [JA98], como se apresenta na figura 5. Para cada nó da polilinha, determinam-se os vectores correspondentes às direcções (v_1 e v_2) do segmento a montante e a jusante desse mesmo nó. Usando métodos matemáticos normalizam-se esses vectores, e somam-se um ao outro, obtendo-se assim um vector com a direcção, resultante da soma de v_1 com v_2 . Com o ponto correspondente ao nó, a direcção do vector soma de v_1 e v_2 , o valor da largura da via, descrito no perfil transversal, obtêm-se os pontos p_1 e p_2 . Desta forma, são obtidos todos os vértices dos polígonos da via.

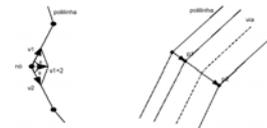
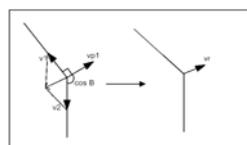


Figura 5 - Obtenção dos vértices dos polígonos das vias.

Quando o vector resultante, tem sentido contrário ao pretendido, essa situação é detectada usando calculo vectorial, sendo invertida a sua direcção, passando a ter direcção oposta, como se apresenta na figura 6.

Figura 6 - Determinação da direcção correcta do vector director.



No caso de os dois segmentos serem colineares, essa situação também é detectada vectorialmente, sendo corrigida com um vector perpendicular a um dos segmentos, garantindo a correcta representação da via.

Nas extremidades da via, é determinado um vector com direcção perpendicular, no inicio, ao primeiro segmento (vp_1), no fim ao ultimo segmento (vp_2), calculando-se assim os vértices dos polígonos correctamente, como se pode ver na figura 7.

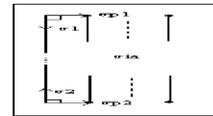


Figura 7 - Determinação dos vértices dos polígonos, nas extremidades das vias.

Cruzando a informação do perfil com o traçado obtêm-se a representação geométrica das vias. A ordem de obtenção dos vértices dos polígonos é importante, pelo facto de o vector normal resultante, em conjunto com o modelo de iluminação utilizado, produzir uma face visível.

A ferramenta implementada, é capaz de criar polígonos ao longo da via, com passo adaptativo [Baya98], ou seja, nas rectas não é necessário uma elevada saturação de pontos em comparação com as curvas, o mesmo acontece com os diferentes raios de curvatura. Em curvas com raios mais pequenos, a saturação de pontos é mais elevada, como se pode observar pela figura 8.



Figura 8 – Variação do intervalo entre pontos.

Na construção das vias, estas são divididas em segmentos mais pequenos, interligados entre si, e organizados no espaço.

Em conjunto com a organização espacial, utiliza-se também o conceito de “LOD”, fazendo a selecção entre vários modelos dependendo da distância a que o observador se encontra, em que os vários modelos têm diferentes níveis de detalhe [sgi][Leitão00][Campos02].

2.3 Fluxo de informação

A polilinha que representa os eixos das vias, associado ao perfil transversal, resulta em uma representação gráfica, tal como se pretende.

Na figura 9, é apresentado um diagrama de blocos, para melhor compreender o que foi descrito.

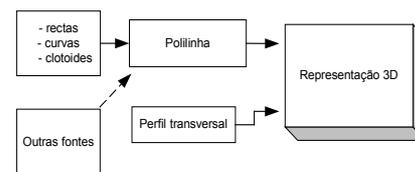


Figura 9 – Fluxo de informação.

Considera-se outras fontes, qualquer conjunto de pontos tridimensionais, que formam uma polilinha.

O perfil transversal é definido num formato próprio criado para o efeito, onde para além da informação de perfil transversal pode ser encontrada também outro tipo de informação, tal como: Textura do mundo; Largura da via, desnível da via (à direita e à esquerda), “offset” lateral; Textura a ser aplicada à via; Toda as linhas existentes, com diversos tipos (descontínua, contínua e mistas), a sua localização espessura, entre outras; Sinalização vertical; Todo o tipo de objectos envolventes, nomeadamente: árvores, edifícios, postos de abastecimento, etc.

Para a colocação da sinalização vertical, são necessários alguns parâmetros, nomeadamente: posição longitudinal (medida em metros e ao longo do eixo da via), posição lateral (transversal), e ângulo de rotação segundo eixo dos z's, relativamente à via, permitindo ajustar a visualização do sinal vertical.

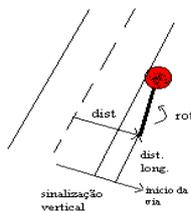


Figura 10- Representação da colocação da sinalização vertical

A figura 10, ilustra a representação do sinal vertical, e o que cada parâmetro corresponde, aquando da sua colocação ao longo das vias. O tipo de sinal a colocar numa determinada posição da via, é escolhido pelo utilizador, cabe a este definir o sinal em conformidade com a característica da via.

A colocação de objectos envolventes, também obedecem a estes requisitos (parâmetros), quando se trata da colocação de um objecto uma vez (uma referência por colocação). Quando se pretende representar o mesmo objecto várias vezes seguidas com um intervalo de repetição constante (uma referência para várias representações do mesmo objecto), além dos parâmetros anteriores, é necessário referir o intervalo de repetição. Deixa de existir a designação, distância longitudinal, que por sua vez passa a corresponder um “offset” inicial, também é definido o fim da repetição.

As linhas de sinalização horizontal, podem ser de vários tipos: contínua, tracejada, ou mista. A todas elas são comuns os seguintes parâmetros: posição lateral, espessura, cor, o início e o fim de representação ao longo da via. Para as linhas contínuas, estes parâmetros são suficientes, para as linhas tracejadas, é acrescida a relação espaço, traço. As linhas mistas são uma composição destes parâmetros, linha contínua e tracejada. As linhas mistas necessitam ainda da distância entre linhas (visto serem compostas por mais que uma linha).

A representação gráfica das linhas de sinalização horizontal, consiste também numa cadeia de triângulos, sobreposta à estrada. Para a representação das linhas de sinalização horizontal conjuntamente com as vias é utilizada uma hierarquia em camadas, “layers”, de forma a facilitar a detecção de visibilidade. Os “layers” são utilizados para definir prioridades de representação, especificando qual o objecto que se sobrepõe a outro. Em sistemas de visualização em tempo real, o uso de “layers”, aumenta significativamente a qualidade da simulação.

A especificação das vias é incluída no ficheiro de descrição mundo (*.wdf), já implementado, sendo este actualizado e sem perda de compatibilidade com versões mais antigas, deste ficheiro.

A compatibilidade, entre o simulador de condução e a ferramenta desenvolvida, implicou refazer alguns módulos já existentes no simulador, nomeadamente, um dos módulos dos veículos autónomos [Leitão00]. A nível da representação gráfica, esta é totalmente independente de todo o resto de funcionalidades, no módulo do simulador é efectuada uma chamada à rotina responsável pela criação gráfica. A nível vectorial, o simulador passa a ter conhecimento directo da informação de perfil transversal, para isso, foi necessário introduzir essa informação nos módulos já implementados.

Todos os conceitos abordados neste capítulo, encontra-se documentados detalhadamente em [Campos02].

Foram desenvolvidas ferramentas acessórias, nomeadamente para a manipulação da polilinha. Podendo essas ferramentas fazer: colagem, translação, rotação, escalamento e “offset” de polilinhas.

3. Exemplos de aplicação

A ferramenta de modelação desenvolvida, foi já utilizada para a implementação de dois ambientes rodoviários distintos, destinados a estudos científicos de simulação de condução.

Em ambos os casos, foi reconhecida a eficiência da ferramenta desenvolvida, para a execução destas tarefas, pelas vantagens oferecidas em termos de rapidez do trabalho de modelação, precisão, qualidade dos modelos constituídos, facilidade de alteração e afinação de versões anteriores do modelo, e compatibilidade com outros subsistemas do simulador de condução.

3.1 Projecto “Haste”

No âmbito do projecto, “HASTE” (Human Machine Interface And the Safety of Traffic in Europe) GRD1-2000-25361, foi especificado um ambiente rodoviário, destinado à realização de vários ensaios experimentais semelhantes, em diversos simuladores de condução distintos.

O ambiente especificado é constituído por uma estrada principal de extensão superior a 29 quilómetros, e algumas secundárias que a interceptam, na figura 11 pode

ser observado um dos cruzamentos, especificados para o projecto “HASTE”.



Fig. 11 - Projecto “HASTE”, cruzamento.

A ferramenta desenvolvida, permitiu a implementação, da versão portuguesa deste ambiente rodoviário, adequada ao simulador de condução “Dris” [Leitão97]. Para além disso, esta ferramenta permitiu também a modelação rápida de uma primeira versão de estrada principal, que foi testada em diversos simuladores durante a fase de especificação.

3.2 Projecto “Estrada nacional 222”

Outra aplicação da ferramenta de modelação de ambientes rodoviários, consistiu na reprodução virtual de um troço com mais de cinco quilómetros da estrada nacional 222. O objectivo deste trabalho, é permitir a realização de experiências paralelas em ambientes reais e virtuais.

O modelo obtido deverá ser utilizado proximamente num estudo de manobras de ultrapassagem com risco de colisão frontal. Para esta implementação foram utilizados dados obtidos do projecto da estrada real, nacional 222.

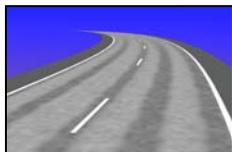


Figura 12 - Vista da estrada nacional 222

Na figura 12, é apresentada uma imagem da estrada N222, ainda em fase de desenvolvimento, e em que se pode observar a existência de uma subida em curva à esquerda.



Figura 13– Mapa de localização.

Na figura 13, encontra-se assinalada a localização, no mapa de Portugal, do troço implementado, da estrada nacional 222.

4. Conclusões:

A criação de modelos de ambientes rodoviários para simuladores de condução, é um processo complexo, devido à necessidade de manipular numerosos modelos de objectos. As ferramentas comerciais de modelação3D, não são adequadas à optimização deste processo.

Este artigo descreve uma ferramenta de modelação de ambientes rodoviários que permite a modelação

automática de estradas, a partir da informação geométrica do eixo da via e do perfil transversal.

Os modelos obtidos por esta ferramenta são optimizados para simulação visual interactiva, e adequados à integração num simulador de condução, como demonstrado pelas aplicações já concretizadas.

Esta ferramenta permite obter modelos de excelente qualidade e reduzir drasticamente o trabalho de preparação de experiências de simulação de condução, assim como custo, visto não ser necessário a modelação integral do ambiente por parte do utilizador.

A metodologia utilizada permite gerar qualquer tipo de via, como por exemplo: estradas rurais, variantes, auto-estradas, com baixo nível de complexidade para o utilizador, como ficou demonstrado pelas aplicações já implementadas, bem como a sua total portabilidade para outros sistemas.

Está em desenvolvimento uma funcionalidade, capaz de modelar o terreno envolvente, em que os seus resultados poderão ser observados brevemente.

Encontra-se ainda em fase de estudo uma funcionalidade que permite a criação de estradas não planas.

5. Referências:

[Baya98] S. Bayarri, I. Pareja, I. Coma e M. Fernández; Modelação de Carreteras para la Simulación de Conducción; 8º encontro português de computação gráfica, 1998.

[Campos02] Carlos Campos; Geração de Ambientes Rodoviário para Simulação de Condução; Instituto Superior de Engenharia do Porto, 2002

[Leitão97] J. M. Leitão, A. Coelho & Ferreira, F.N. (1997).Dris- A virtual Driving Simulator. Proceedings of the Second International Seminar on human Factors in Road Traffic, ISBN 97-2-8098-25-1.

[Leitão00] João Miguel Queirós Magno Leitão; Agentes Autónomos Controláveis em Simuladores de Condução; Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000

[JA98] Jorge Lagoa, António Ramos; Trigonometria, 1998;

<<http://www.terravista.pt/Ancora/2461/matematica/trigonometria/IndiceTrigonometria.html>>, 2003

[Javier03] Javier Jiménez Shaw ; Solución de la ecuación de la clotoide (espiral de Cornú); <<http://javier.jimenezshaw.com/clothos/download.html>>, 2003.

[MultiGen99] MultiGen-Paradigm, Inc. MultiGen Creator - Premier Tools for Realtime 3D Database Development, Descrição disponível na Internet, em:

<http://www.multigen-paradigm.com/products/pdf_files/Creator_72dpi.pdf>, 1999.

[sgi] Silicon Graphics. OpenGL Performer.

<<http://www.sgi.com/software/performer>>, 2003.