

BỘ GIÁO DỤC VÀ ĐÀO TẠO

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

NGUYỄN ĐÔNG KỲ

**XÂY DỰNG MẶT LƯỚI TAM GIÁC 3D XÁP
XỈ MẶT CONG THAM SỐ BÉZIER**

Chuyên ngành: Khoa học máy tính

Mã số: 60.48.01

TÓM TẮT LUẬN VĂN THẠC SĨ KỸ THUẬT

Đà Nẵng – Năm 2012

Công trình được hoàn thành tại

ĐẠI HỌC ĐÀ NẴNG

Người hướng dẫn khoa học: **TS. NGUYỄN TẤN KHÔI**

Phản biện 1:.....

Phản biện 2:.....

Luận văn sẽ được bảo vệ trước Hội đồng chấm Luận văn
tốt nghiệp thạc sĩ kỹ thuật họp tại Đà Nẵng vào ngày
.....tháng.....năm 2012

Có thể tìm hiểu luận văn tại:

- Trung tâm thông tin - Học liệu, Đại học Đà Nẵng
- Trung tâm học liệu, Đại học Đà Nẵng

MỞ ĐẦU

1. Lý do chọn đề tài

Mặt cong tham số Bézier trong đồ họa máy tính được sử dụng để mô tả đối tượng trong thế giới thực và được ứng dụng rộng rãi vào các lĩnh vực mới như CAD/CAM, trò chơi game 3D, phim hoạt hình 3D, thực tại ảo (virtual reality), kiến trúc, bảo tồn các di sản văn hóa, v.v.... Từ đó đặt ra nhu cầu tìm hiểu các phương pháp biểu diễn mặt cong tham số. Các đối tượng mặt cong sau đó được đưa về dạng lưới đa giác xấp xỉ mặt cong mục đích để tính toán, chế tạo, hiển thị, kết xuất một đối tượng 3D hoàn chỉnh theo yêu cầu. Do vậy, việc nghiên cứu các dạng đường và mặt cong tham số Bézier phục vụ quá trình mô hình hóa đối tượng 3D, từ đó xây dựng bề mặt lưới tam giác xấp xỉ với mặt cong tham số Bézier để tô bóng, hiển thị đối tượng, kết xuất ra file dữ liệu nhằm phục vụ sản xuất CAD/CAM đang là một yêu cầu cấp thiết hiện nay.

Xuất phát từ nhu cầu thực tiễn như trên, tôi đã xuất đề tài luận văn:

“XÂY DỰNG MẶT LƯỚI TAM GIÁC 3D XẤP XỈ MẶT CONG THAM SỐ BÉZIER”

2. Mục đích nghiên cứu

- Tìm hiểu phương pháp biểu diễn đối tượng 3D, đường và mặt cong tham số Bézier
- Đưa ra giải pháp chuyển đổi một bề mặt trơn tham số Bezier sang dạng lưới tam giác nhằm tính toán xử lý, hiển thị nhằm phục vụ cho các ứng dụng thực tiễn.

- Xây dựng chương trình thực nghiệm tạo mặt lưới xấp xỉ với một mặt cong tham số Bézier cho trước

3. Đối tượng và phạm vi nghiên cứu

Đề tài tập trung nghiên cứu phương pháp biểu diễn và xây dựng các bề mặt tham số Bézier và kỹ thuật chuyển đổi từ bề mặt trơn tham số Bézier sang bề mặt lưới tam giác xấp xỉ tương ứng. Đối tượng nghiên cứu cụ thể đó là:

- Mô hình hóa 3D
- Đường và mặt cong tham số Bézier
- Bề mặt lưới 3D
- Kỹ thuật tạo lưới tam giác từ mặt cong tham số Bézier

4. Phương pháp nghiên cứu

- Thu thập tài liệu và thông tin liên quan đến đề tài
- Lựa chọn phương pháp, cách tiếp cận phù hợp với nội dung
- Xác định phạm vi nghiên cứu và phương pháp giải quyết vấn đề
- Nghiên cứu phương pháp biểu diễn đường và mặt cong tham số Bézier
- So sánh, đánh giá các phương pháp hiện có
- Đề xuất giải pháp tạo lưới cho các đối tượng mặt cong tham số Bézier
- Xây dựng chương trình thực nghiệm

- Kiểm tra, thử nghiệm và đánh giá kết quả

5. Ý nghĩa khoa học và thực tiễn của đề tài

- Hỗ trợ cho việc mô phỏng các đối tượng thế giới thực, mô hình hóa thực tại ảo, mô phỏng hình học, game và phim hoạt hình 3D.
- Giải pháp xây dựng lưới đối tượng 3D mặt cong tham số Bézier.
- Cung cấp chức năng mô hình hóa đối tượng 3D, thao tác trên đối tượng 3D và hiển thị các thông số hình học của đối tượng, kết xuất ra tập tin mô tả thông tin về đối tượng.
- Cung cấp chức năng hỗ trợ tái tạo vật thể từ tập điểm rời rạc 3D thành mô hình đối tượng 3D, thiết kế và hiệu chỉnh mô hình, kết xuất các đối tượng mặt cong tham số 3D thành các file dữ liệu phục vụ cho quá trình sản xuất CAD/CAM chuyên dụng. dữ liệu sang định dạng của phần mềm CAM/CAD chuyên dụng.
- Xây dựng chế tạo vật thể trên máy.
- Ứng dụng kỹ thuật tạo lưới tam giác xấp xỉ mặt cong tham số Bézier để tô bóng, hiển thị và xử lý.

6. Cấu trúc của luận văn

Nội dung luận văn được chia thành ba chương tương ứng với ba nội dung nghiên cứu.

Chương 1 trình bày BIỂU DIỄN ĐỒ HỌA CÁC ĐỐI TƯỢNG BA CHIỀU. Trong phần này tìm hiểu các phương pháp để mô hình

hóa một đối tượng 3D mà nội dung chính là các cơ sở toán học về đường và mặt cong tham số cùng các phép biến đổi hình học 3D.

Chương 2: PHƯƠNG PHÁP BIỂU DIỄN MẶT CONG TAM GIÁC BÉZIER được trình bày. Trọng tâm của chương này trình bày các cơ sở toán học để biểu diễn một mặt cong tham số tam giác Bézier.

Nội dung của Chương 3 trình bày trọng tâm đến việc XÂY DỰNG MẶT LƯỚI TAM GIÁC XẤP XỈ MẶT CONG THAM SỐ BÉZIER. Nội dung trình bày khái quát một số phương pháp xây dựng lưới tam giác theo các phương pháp khác nhau dựa trên giải thuật de Casteljau. Đề xuất phương pháp xây dựng, làm mịn lưới bằng các PN-triangles sẽ là hướng nghiên cứu và phát triển sau này. Sau cùng là một số kết quả thực nghiệm minh họa.

Phần cuối là Kết luận và hướng phát triển.

Chương 1

BIỂU DIỄN ĐỒ HỌA ĐỐI TƯỢNG BA CHIỀU

1.1 Giới thiệu mô hình hóa đối tượng

Mô hình bề mặt là một kỹ thuật đồ họa được sử dụng để định nghĩa và mô tả các bề mặt. Có 2 phương pháp cơ bản để mô hình hóa bề mặt 3D:

- Lưới đa giác (Polygon Mesh)
- Các mặt cong tham số (Parametric Patches)

1.2. Các phương pháp biểu diễn đối tượng 3D

1.2.1. Lưới đa giác

Lưới đa giác là một tập các đa giác được kết nối lại với nhau để tạo nên các bề mặt. Ưu điểm chính của phương pháp này đó là biểu diễn xấp xỉ một đối tượng. Lưới đa giác là một tập các cạnh, đỉnh và các mặt. Các mảnh mặt cong tham số

Các mảnh mặt cong tham số bậc ba được ứng dụng nhiều trong việc mô tả bề mặt các đối tượng 3D. Trước khi trình bày chi tiết chúng ta khảo sát đường cong tham số bậc 3 trước, vì đây chính là phần mở rộng cho mặt cong tham số bậc 3.

1.2.2. Các mảnh mặt cong tham số

Các mảnh mặt cong tham số bậc ba được ứng dụng nhiều trong việc mô tả bề mặt các đối tượng 3D. Trước khi trình bày chi tiết chúng ta khảo sát đường cong tham số bậc 3 trước, vì đây chính là phần mở rộng cho mặt cong tham số bậc 3.

1.2.2.1. Điểm biểu diễn đường cong

1.2.2.2. Biểu diễn đường cong tham số

Có ba cách để biểu diễn một đường cong đó là: tường minh, không tường minh và biểu diễn tham số. Mặt cong cũng có thể được biểu diễn theo ba cách này.

Dạng tường minh: $z = f(x, y)$

Dạng không tường minh: $F(x, y, z) = 0$

Biểu diễn dưới dạng tham số:
 $P(u, v) = (f_1(u, v), f_2(u, v), f_3(u, v))$

Tuy nhiên trong thực tế, biểu diễn dưới dạng tham số được sử dụng phổ biến nhất vì tầm quan trọng của nó trong thiết kế hiện đại.

Đường cong tham số bậc 3 được định nghĩa như sau:

$$P(t) = \sum_{i=0}^3 a_i t^i \quad 0 \leq t \leq 1 \quad (1.1)$$

Trong đó: $P(t)$ là một điểm trên đường cong.

Phương trình trên có thể khai triển như sau:

$$P(t) = a_3 t^3 + a_2 t^2 + a_1 t + a_0 \quad (1.2)$$

Phương trình này được tách thành ba phương trình thành phần:

$$\begin{aligned} x(t) &= a_{3x} t^3 + a_{2x} t^2 + a_{1x} t + a_{0x} \\ y(t) &= a_{3y} t^3 + a_{2y} t^2 + a_{1y} t + a_{0y} \\ z(t) &= a_{3z} t^3 + a_{2z} t^2 + a_{1z} t + a_{0z} \end{aligned} \quad (1.3)$$

1.2.2.3. Biểu diễn mặt cong tham số bậc 3

Mặt cong này phụ thuộc vào hai tham số, u và v . Hai tham số này biến đổi độc lập trong đoạn $[a, b]$ (thường giới hạn trong đoạn $[0, 1]$).

Với mỗi cặp (u, v) , công thức trên tạo ra ba tọa độ của một điểm trên mặt cong.

Mặt cong tham số bậc 3 định nghĩa tọa độ của các điểm trên bề mặt cong dưới dạng các phương trình 2 biến (bicubic equation). Các đường bao của mặt cong là các đường cong tham số bậc 3 (cubic). Mỗi đường bao được biểu diễn bởi các điểm cuối của nó và các vector tiếp tuyến tại các điểm cuối và được xác định bởi phương trình (1.7), được viết lại như sau:

$$P(t) = \begin{bmatrix} t^3 & t^2 & t & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 2 & -2 & 1 & 1 \\ -3 & 3 & -2 & -1 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P(0) \\ P(1) \\ P'(0) \\ P'(1) \end{bmatrix} \quad \text{Hoặc:}$$

$$P(t) = [t][M]_H[G]_H$$

1.3. Các phép biến đổi ba chiều

Các phép biến đổi hình học cho phép dễ dàng thao tác trên các đối tượng tạo ra. Chúng làm thay đổi mô tả về tọa độ các đối tượng, từ đó đối tượng sẽ được thay đổi về hướng, kích thước và hình dạng.

1.4. Thư viện hỗ trợ xử lý đồ họa OpenGL

OpenGL (Open Graphics Library) là một tiêu chuẩn kỹ thuật đồ họa nhằm mục đích định ra một giao diện lập trình ứng dụng đồ họa 3D được phát triển đầu tiên bởi Silicon Graphic, Inc.

1.5. Kết chương

Trong chương này trình bày các phương pháp biểu diễn các đối tượng trong không gian ba chiều mà yếu tố cơ bản để mô phỏng các đối tượng 3D chính là đường và mặt cong tham số.

Chương 2

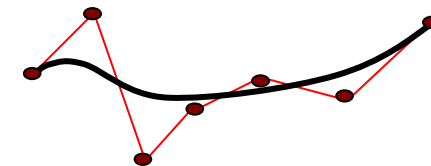
PHƯƠNG PHÁP BIỂU DIỄN MẶT CONG TAM GIÁC BÉZIER

Mục tiêu chính của đồ họa máy tính là nhằm hiển thị một bề mặt bất kỳ sao cho giống thật và mượt nhất. Bước tiếp cận đầu tiên mục tiêu này là tìm hiểu về đường cong. Khi chúng ta có được giải thuật tính toán và hiển thị một đường cong bất kỳ thì khi đó chúng ta sẽ mở rộng giải thuật đó cho mặt cong.

2.1. Đường cong Bézier

Đường cong Bézier là một đường cong tham số $P(t)$, đó là một hàm đa thức theo tham số t . Bậc của đa thức phụ thuộc vào số lượng điểm điều khiển được dùng để định nghĩa đường cong. Phương pháp này sử dụng các điểm điều khiển và tạo ra một đường cong xấp xỉ.

Đa giác điều khiển (control polygon) của đường cong Bézier là đa giác thu được khi các điểm điều khiển được nối lại theo thứ tự với các đoạn thẳng (xem hình 2.1)



Hình 2.1. Đường cong tham số Bézier

2.1.1. Phương trình đường cong tham số Bézier

Phương trình đường cong tham số Bézier:

$$P(t) = \sum_{i=0}^n P_i B_{n,i}(t), \text{ với } 0 \leq t \leq 1$$

Trong đó:

P_i : Là các điểm điều khiển của đường cong

$B_{n,i}(t)$: Được gọi là các hàm cơ sở Bézier (Bézier basic functions) hay còn gọi là các đa thức Bernstein với n là số bậc

$$B_{n,i}(t) = \binom{n}{i} t^i (1-t)^{n-i}, \text{ trong đó } \binom{n}{i} = \frac{n!}{i!(n-i)!}$$

là các hệ số nhị thức

Để minh họa cho $n=2$, 03 điểm điều khiển, các trọng số $B_{2,0}(t)$ sẽ là:

$$B_{2,0}(t) = \binom{2}{0} t^0 (1-t)^{2-0} = (1-t)^2$$

$$\text{Và đường cong sẽ là } P(t) = \binom{2}{0} t^0 (1-t)^2 P_0 + \binom{2}{1} t^1 (1-t)^1 P_1 + \binom{2}{2} t^2 (1-t)^0 P_2$$

$$\text{Đây chính là đường cong Bézier bậc 2.} \begin{pmatrix} P_0 \\ P_1 \\ P_2 \end{pmatrix}$$

2.1.2. Tính chất đường cong Bézier

2.1.3. Xác định một điểm trên đường cong tham số Bézier

Thuật toán xây dựng một điểm trên đường cong Bézier do Casteljau phát triển vào năm 1959 dựa trên phương pháp hoàn toàn khác so với Bézier. Phương pháp này sử dụng nội suy tuyến tính (linear interpolation) và phép toán trung gian (mediation operator)

Trường hợp 2: Cho 3 điểm P_0, P_1 và P_2 (hình 2.4), sử dụng phép toán trung gian để xây dựng đường cong nội suy ở giữa những điểm này theo các bước sau:

- Xây dựng 2 đường thẳng: $L_{01} = t[P_0, P_1]$ và $L_{12} = t[P_1, P_2]$
- Với $0 \leq t_0 \leq 1$, xét 2 điểm $P_{01} = t_0[P_0, P_1]$ và $P_{12} = t_0[P_1, P_2]$, nối 2 điểm này bằng đường thẳng L_{012} . Dĩ nhiên phương trình của đường thẳng này là $t[P_{01}, P_{12}]$ và bằng:
 $L_{012} = t[P_{01}, P_{12}] = t[t[P_0, P_1], t[P_1, P_2]] = t[P_0, P_1, P_2]$
- Tương tự như với t_0 , chọn điểm $P_{012} = t_0[P_0, P_1, P_2]$ trên đường L_{012} . Điểm này có thể được biểu diễn như sau:

$$P_{012} = t_0[P_0, P_1, P_2] = t_0[P_{01}, P_{12}] = t_0[t_0[P_0, P_1], t_0[P_1, P_2]]$$

Bây giờ cho t_0 thay đổi từ 0 đến 1. Điểm P_{012} trượt dọc theo đường thẳng L_{012} , và cứ lần lượt trượt dọc theo đường thẳng L_{01} và L_{12} cho đến điểm kết thúc. Đường cong này được mô tả bởi điểm P_{012} , vì nó trượt cho nên nó là đường cong nội suy của 3 điểm P_0, P_1 và P_2 mà chúng ta cần tìm. Kí hiệu đường cong này là $P_2(t)$. Dễ dàng tính biểu thức của đường cong bằng cách sử dụng định nghĩa $t[P_i, P_j]$:

$$\begin{aligned} P_2(t) &= t[P_0, P_1, P_2] \\ &= t[t[P_0, P_1], t[P_1, P_2]] \\ &= t[tP_1 + (1-t)P_0, tP_2 + (1-t)P_1] \\ &= t[tP_2 + (1-t)P_1] + (1-t)[tP_1 + (1-t)P_0] \\ &= P_0(1-t)^2 + 2P_1t(1-t) + P_2t^2 \end{aligned}$$

Do đó $P_2(t)$ là đường cong Bézier với 3 điểm.

2.2. Mặt cong tứ giác Bézier

Phương trình tham số của một mặt có dạng là một phương trình tham số hai biến $P(u, w)$ và một điểm bất kì trên mặt sẽ được biểu diễn dưới dạng $P(u, w) = (x(u, w), y(u, w), z(u, w))$.

2.2.1. Mặt cong tham số

Biểu thức $P(u, 0.2)$ (trong đó w là hằng số cố định, u là biến) chỉ phụ thuộc vào một tham số và do đó là một đường cong trên mặt cong. Bốn đường cong $P(u, 0)$, $P(u, 1)$, $P(0, w)$ và $P(1, w)$ là các đường cong biên của mặt cong. Vì có bốn đường cong như vậy cho nên mặt cong của chúng ta là một mảnh có hình dáng xấp xỉ hình chữ nhật.

Bốn tọa độ $P(0,0)$, $P(0,1)$, $P(1,0)$ và $P(1,1)$ là các điểm góc của mảnh mặt cong và được kí hiệu là P_{ij} . Chúng ta nói rằng đường cong $P(u, 0.2)$ nằm trên mặt cong này theo hướng tham số u . Nó là một đường cong cùng tham số (isoparametric curve). Tương tự bất cứ đường cong $P(u_0, w)$ mà trong đó có u_0 cố định nằm theo hướng w thì đó là một đường cong cùng tham số. Đây là hai hướng chính của một mảnh mặt cong hình chữ nhật.

2.2.2. Mặt cong tứ giác Bézier

Xét đường cong Bézier như là một hàm tham số theo v và có các điểm điều khiển thay đổi theo u . Ta có công thức:

$$P(u, v) = \sum_{j=0}^m P_j(u) B_j^m(v) \quad (2.2)$$

Lúc này, khi u thay đổi ta sẽ có các điểm điều khiển thay đổi theo, đường cong Bézier cũng thay đổi. Sự biến thiên của các đường

cong Bézier này trong không gian sẽ tạo ra một mặt cong. Khi u thay đổi, các điểm $P_j(u)$ sẽ thay đổi trên một đường cong nào đó. Nếu cho các đường cong này chính là các đường cong Bézier, mỗi đường cong dựa trên $(n + 1)$ điểm điều khiển thì:

$$P_j(u) = \sum_{i=0}^n P_{i,j} B_i^n(u)$$

Lúc này: $P(u, v) = \sum_{i=0}^n \sum_{j=0}^m P_{i,j} B_i^n(u) B_j^m(v) \quad (2.3)$

Ta cũng gọi đây là dạng tích Tensor của mặt cong tứ giác Bézier.

Tương tự chúng ta có thể định nghĩa một mặt cong bằng tích tensor của hai đường cong

2.2.3. Tính chất của mặt cong Bézier

2.3. Mặt cong tam giác Bézier

2.3.1. Phương trình mặt cong tam giác Bézier

Mặt cong tam giác Bézier được định nghĩa như sau [6][7]:

$$P(u, v, w) = \sum_{i+j+k=n} P_{ijk} \frac{n!}{i!j!k!} u^i v^j w^k = \sum P_{ijk} B_{ijk}^n(u, v, w) \quad (2.5)$$

Với $u + v + w = 1$; $i, j, k = 1$ và $i + j + k = n$

Trong đó:

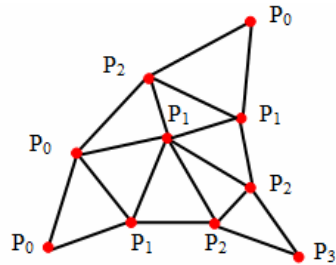
P_{ijk} : Các điểm điều khiển

$B_{ijk}^n(u, v, w) = \frac{n!}{i!j!k!} u^i v^j w^k$ là đa thức Bernstein ba

biến.

Mặt tam giác Bézier (Triangular Bézier Patches) dựa trên các điểm điều khiển P_{ijk} được sắp xếp theo hình dạng xấp xỉ tam giác

(hình 2.8). Mỗi điểm điều khiển ở dạng 3D được gán 3 chỉ mục i, j, k sao cho $0 \leq i, j, k \leq n$ và $i + j + k = n$. Giá trị của n được chọn phụ thuộc vào độ lớn và độ phức tạp của mặt cong đó như thế nào và số lượng điểm điều khiển. Nói chung, giá trị n càng lớn cho phép điều khiển càng chi tiết bề mặt nhưng tất nhiên sẽ có nhiều phép tính toán. Ở đây sử dụng quy ước sau: chỉ mục đầu tiên i tương ứng với cạnh trái của tam giác, chỉ mục thứ hai j tương ứng với cạnh đáy, và chỉ mục thứ ba k tương ứng với cạnh phải của tam giác.



Hình 2.8. Lưới điều khiển tam giác Bezier với $n = 3$

Ba đường biên được thành lập từ công thức (2.5) bằng cách thiết lập 3 tham số trở về 0. Để chứng minh, thiết lập $u = 0$. Kết quả sẽ là:

$$P(0, v, w) = \sum_{j+k=n} P_{0jk} \frac{n!}{j!k!} v^j w^k, \text{ trong đó } v + w = 1 \quad (2.6)$$

vì $v + w = 1$, công thức (2.6) có thể được viết lại:

$$P(v) = \sum_{j+k=n} P_{0jk} \frac{n!}{j!k!} v^j (1-v)^k = \sum_{j=0}^n P_{0j, n-1} \frac{n!}{j!(n-j)!} v^j (1-v)^{n-j} \quad (2.7)$$

Và đây chính là đường cong Bézier.

2.3.2. Tính chất của mặt cong tam giác Bézier

- Mặt cong tam giác Bézier bậc n có thể biểu diễn bằng các đa thức Bernstein:

$$P(u, v, w) = \sum_{i+j+k=n} P_{ijk} B_{ijk}^n(u, v, w)$$

$$\text{Với } B_{ijk}^n = \frac{n!}{i!j!k!} u^i v^j w^k$$

- Nội suy điểm cuối
- Đường biên của của tam giác Bézier là các đường cong Bézier
- Mặt phẳng tiếp tuyến tại điểm P_{000}^n được xác định bằng bởi 3 điểm P_{100}^{n-1} , P_{010}^{n-1} , P_{001}^{n-1}
- Giải thuật Casteljau dùng để tính một điểm trên bề mặt có tính chất chia nhỏ mặt tam giác thành các mặt tam giác nhỏ hơn.

2.4. Tính liên tục

Trong thiết kế hình học, đối tượng 3D có thể được ghép nhiều mảnh lại với nhau sao cho khi nhìn vào chúng ta thấy nó liên tục và mượt, không bị cảm giác đứt gãy. Nói một cách đơn giản tính liên tục (continuity) cho biết làm thế nào để hai đường cong khác nhau gặp nhau tại điểm nối chung và hai mặt cong gặp nhau tại một cạnh nối chung.

2.5. Kết chương

Chương này giới thiệu phương trình toán học để định nghĩa một đường cong và mặt cong tham số trong không gian 3D. Từ cơ sở

việc khảo sát đường cong tiếp tục mở rộng sang mặt cong, mà cụ thể là mặt cong tham số Bézier và các tính chất quan trọng của đường và mặt cong tham số Bézier. Biểu diễn mặt cong tham số dưới hai dạng: dạng tích Tensor hay còn gọi là mặt tứ giác và biểu diễn mặt tam giác. Trọng tâm của luận văn này cũng chính là nghiên cứu về mặt tam giác Bézier, chính là nền tảng lý thuyết dùng để tính toán, tạo lưới trong chương sau. Trong chương này tôi cũng đề cập đến tính liên tục của đường và mặt cong trên cơ sở toán học, cụ thể là mặt cong tam giác. Đây chính là yếu tố để ghép nối các đường và mặt cong lại với nhau sao cho liên tục và mượt.

Chương 3

XÂY DỰNG MẶT LƯỚI TAM GIÁC XẤP XỈ MẶT CONG THAM SỐ BÉZIER

3.1. Giới thiệu

Lý do đằng sau của việc lưới hóa các mặt cong tương ứng đó là tăng thêm chi tiết cho các bề mặt giúp hiển thị thật hơn trên màn hình đồ họa, khi cần thiết có thể dễ dàng thiết kế, tính toán trên lưới, loại bỏ những bề mặt có góc cạnh thô gây ảnh hưởng đến việc hiển thị tô bóng. Mặc dù có nhiều giải phương pháp và giải thuật khác nhau để lưới trên đối tượng mặt tam giác Bézier. Tuy nhiên không phải tất cả giải thuật đều tốt như nhau. Giá trị của giải thuật phụ thuộc vào từng ứng dụng cụ thể và mục đích sử dụng. Nhưng tính chất quan trọng khi lựa chọn giải thuật đó là tính hiệu quả về tính toán, lưu trữ trong bộ nhớ và xấp xỉ tốt trên hình dạng của đối tượng ban đầu.

Trong phạm vi luận văn này tôi đề xuất sử dụng giải thuật De Casteljau để tính toán các điểm và chia lưới tam giác làm trọng tâm cho nghiên cứu. Trong quá trình thực hiện luận văn, tôi cũng đã tham khảo rất nhiều tài liệu tiếng nước ngoài, trong đó ấn tượng với kết quả do Vlachos[12] đề xuất năm 2001 sử dụng Point-Normal Patches cũng là một dạng đặc biệt của mặt cong tam giác Bézier nhằm mục đích cải tiến lưới giúp hiển thị đối tượng trông mượt hơn và dễ dàng tích hợp vào phần cứng đồ họa. Đây cũng là hướng nghiên cứu tiếp theo của tôi trong tương lai.

3.2. Tạo lưới xấp xỉ mặt cong tam giác Bézier

3.2.1. Giải thuật xác định một điểm trên mặt tam giác Bézier

Phương pháp này còn gọi là giải thuật De Casteljau hay còn gọi là “xây dựng khung điều khiển”[5],[6],[7].

Các đa thức Bernstein 3 biến là cơ sở của dạng mặt cong được viết lại như sau [6]:

$$B_{i,j,k}^n(u,v,w) = \sum_{i,j,k \geq 0} \frac{(i+j+k)!}{i!j!k!} u^i v^j w^k = \sum_{i,j,k \geq 0} \frac{n!}{i!j!k!} u^i v^j w^k$$

Đa thức này thỏa mãn quan hệ đệ quy:

$$B_{i,j,k}^n(u,v,w) = uB_{i-1,j,k}^{n-1}(u,v,w) + vB_{i,j-1,k}^{n-1}(u,v,w) + wB_{i,j,k-1}^{n-1}(u,v,w)$$

Đây là cơ sở của giải thuật De Casteljau đối với mảnh mặt cong tam giác Bézier.

Giải thuật này bắt đầu bằng các điểm điều khiển ban đầu P được đánh nhãn P_{ijk}^0 . Người sử dụng chọn một bộ 3 (u,v,w) sao cho $u + v + w = 1$ và thực hiện n bước để tính các điểm trung gian $P_{i,j,k}^r$ với $r = 1, \dots, n$ và $i + j + k = n - r$.

$$P_{i,j,k}^r = uP_{i+1,j,k}^{r-1} + vP_{i,j+1,k}^{r-1} + wP_{i,j,k+1}^{r-1}.$$

Bước cuối cùng là tính điểm đơn P_{000}^n mà cũng là điểm được tạo ra bởi bộ 3 (u,v,w) đã chọn trên mặt cong tam giác Bézier.

Minh họa giải thuật này với $n = 3$. Có 10 điểm điều khiển. Giả sử rằng đã chọn ra các giá trị thích hợp cho ba tham số (u,v,w) , bước đầu tiên của giải thuật là tạo ra 6 điểm trung gian với $n = 2$ (hình 3.4)

$$\begin{aligned} P_{002}^1 &= uP_{102}^0 + vP_{012}^0 + wP_{003}^0, & P_{101}^1 &= uP_{201}^0 + vP_{111}^0 + wP_{102}^0, \\ P_{200}^1 &= uP_{300}^0 + vP_{210}^0 + wP_{201}^0, & P_{011}^1 &= uP_{111}^0 + vP_{021}^0 + wP_{012}^0, \\ P_{110}^1 &= uP_{210}^0 + vP_{120}^0 + wP_{111}^0, & P_{020}^1 &= uP_{030}^0 + vP_{021}^0 + wP_{012}^0. \end{aligned}$$

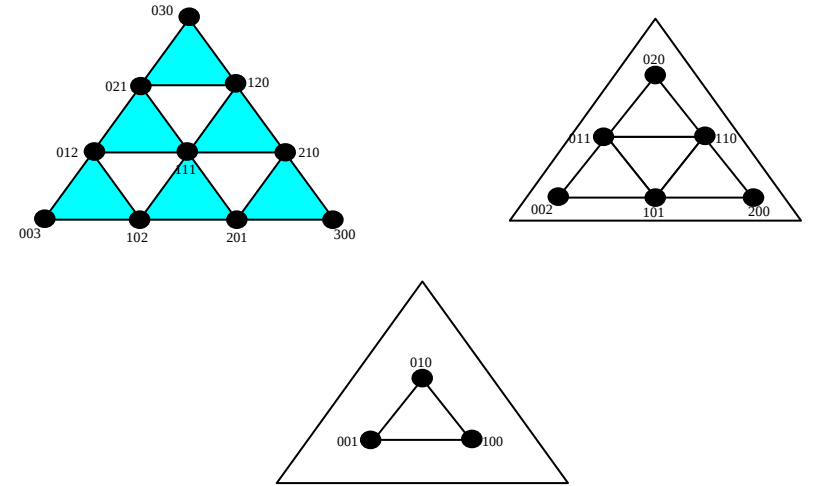
Bước thứ 2 tạo ra 3 điểm điều khiển với $n = 1$

$$\begin{aligned} P_{001}^2 &= uP_{101}^1 + vP_{011}^1 + wP_{002}^1, \\ P_{100}^2 &= uP_{200}^1 + vP_{110}^1 + wP_{101}^1, \\ P_{010}^2 &= uP_{110}^1 + vP_{020}^1 + wP_{011}^1. \end{aligned}$$

Và bước thứ 3 tạo ra điểm đơn:

$$P_{000}^3 = uP_{100}^2 + vP_{010}^2 + wP_{001}^2$$

Đây là điểm tương ứng với tọa độ (u,v,w) trên mặt cong tam giác được xác định bởi 10 điểm điều khiển ban đầu.



Hình 3.4. Minh họa giải thuật De Casteljau trong một mảnh tam giác Bézier

■ Giải thuật có thể được tóm tắt như sau:

+ Cho tập các điểm điều khiển $P_{i,j,k}$ với $i + j + k = n$

+ Tìm $P(u, v, w)$ với $v + u + w = 1$

$$P_{i,j,k}^0(u, v, w) = P_{i,j,k}$$

$$P_{i,j,k}^r(u, v, w) = u.P_{i+1,j,k}^{r-1}(u, v, w) + vP_{i,j+1,k}^{r-1} + wP_{i,j,k+1}^{r-1}(u, v, w)$$

cho $r = 1, \dots, n$ và $i + j + k = n - r$

$$+ P(u, v, w) = P_{0,0,0}^n(u, v, w)$$

- Đoạn mã mô tả giải thuật:

begin

for $r = 1$ **to** m **do**

for $i = 0$ **to** $m - 1$ **do**

for $j = 0$ **to** $m - i - r$ **do**

$k = m - i - j - r$

$$P_{i,j,k}^r(u, v, w) = u.P_{i+1,j,k}^{r-1}(u, v, w) + v.P_{i,j+1,k}^{r-1}(u, v, w) + w.P_{i,j,k+1}^{r-1}(u, v, w)$$

endfor

endfor

endfor

$$P(u, v, w) = P_{0,0,0}^n(u, v, w)$$

end

3.2.2. Giải thuật Subdivision

3.2.3. Giải thuật với Point Normal – Triangles

3.3. Phân tích và xây dựng chương trình

3.3.1. Phân tích yêu cầu

Trong phạm vi đặt ra, luận văn thực hiện xây dựng chương trình cho phép tạo đối tượng xấp xỉ bề mặt cong tham số Bézier, chương trình cho phép đọc file BV, một định dạng file dùng để lưu trữ các tọa độ điểm điều khiển của một đối tượng. Từ khung lưới điều khiển ban đầu, để biểu diễn một mặt cong tham số Bézier nhằm phục vụ hiển thị, xử lý ảnh, kết xuất ra CAD/CAM, mô hình hóa đối tượng thì ta phải biểu diễn một mặt cong tham số thông qua một mặt

lưới tam giác xấp xỉ. Mục tiêu của chương trình là biểu diễn một đối tượng được xây dựng dựa trên mặt cong tam giác Bézier.

- Dữ liệu đầu vào của chương trình
 - File dữ liệu chứa tọa độ các điểm đỉnh
 - Đối tượng được thiết kế là mặt cong
- Kết quả xử lý
 - Hiển thị mặt cong Bézier
 - Tô màu cho đối tượng
 - Cho phép hiển thị đối tượng ở nhiều góc độ khác nhau
 - Có thể bật tắt hiển thị khung lưới điều khiển
 - Xoay đối tượng theo ý muốn.
 - Các tính năng khác

3.3.2. Thiết kế chương trình

Bước 1: Đọc file dữ liệu (các đối tượng với các điểm điều khiển được thiết kế chi tiết và sau đó kết xuất ra file)

Bước 2: Tạo lưới điều khiển cho các điểm dữ liệu

Bước 3: Tính các tham số u, v

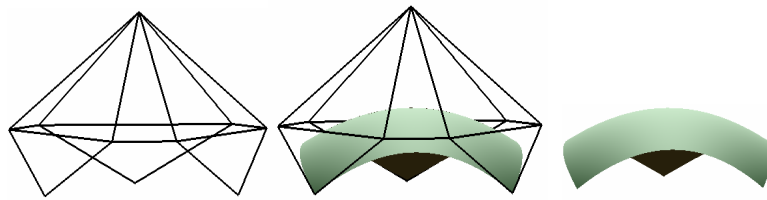
Bước 4: Tính các điểm trên mặt Bézier

Bước 5: Mô phỏng đối tượng trên màn hình, người sử dụng, xoay đối tượng theo các hướng khác nhau để xem, xem khung lưới gốc ban đầu.

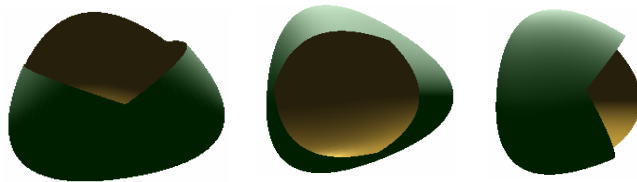
3.3.3. Kết quả thực hiện chương trình

Chương trình được xây dựng trên môi trường Visual Studio C++ 2008 dựa trên kiến trúc Document/View của MFC với thư viện đồ họa OpenGL. Chương trình chạy trên hệ điều hành Window 7.

- Một số kết quả minh họa



Hình 3.14. (a) Lưới điều khiển, (b) Đối tượng mặt Bézier với khung lưới
(c) Mặt tam giác Bézier



Hình 3.15. Đối tượng được xem từ nhiều hướng khác nhau



Hình 3.16. Hiển thị một số đối tượng khác nhau

3.4. Kết chương

Trong chương này tôi đã trình bày chi tiết về mặt tam giác Bézier, phương trình định nghĩa, các cơ sở toán học để chuyển đổi một bề mặt tham số sang dạng lưới điểm tam giác theo giải thuật de Casteljau nhằm mục đích tính toán, làm cầu nối cho việc kết xuất phục vụ cho quá trình CAD/CAM, dùng để tô bóng bằng các giải thuật tô bóng hiện có giúp cho đối tượng trong thật và mượt hơn. Chương này cũng giới thiệu khái quát một số phương pháp chia nhỏ lưới tam giác. Từ đó tôi đề xuất phương pháp tạo lưới tam giác bằng các tam giác pháp tuyến PN-triangle với các cơ sở toán học dựa trên kết quả đề xuất của Vlachos Alex và các cộng sự trong một bài báo khoa học nhằm cải tiến chất lượng hình ảnh các đối tượng 3D.

KẾT LUẬN VÀ HƯỚNG PHÁT TRIỂN

Với việc phát triển ngày càng nhanh của đồ họa máy tính thì việc nghiên cứu và ứng dụng nó cho từng lĩnh vực là một xu hướng tất yếu. Trong quá trình tìm hiểu, nghiên cứu mặt Bézier và luận văn đã có được những kết quả khả quan. Trước tiên đó là kết quả về mặt lý thuyết, nghiên cứu đã nêu ra được phương pháp biểu diễn đối tượng 3D sử dụng mặt cong Bézier với các cơ sở toán học dùng để biểu diễn, cách xây dựng và tính toán tạo lưới xấp xỉ mặt cong Bézier.

Hơn nữa, việc đi sâu vào nghiên cứu phương pháp tính toán, lưới hóa tam giác đối tượng mặt cong Bezier là một bước quan trọng nhất trong mô hình hóa, quá trình xử lý tô bóng, kết xuất đối tượng 3D. Phương pháp này đã cho thấy được khả năng và hiệu quả sử dụng cao trong các ứng dụng xử lý đồ họa trên máy tính và đặc biệt sau này được ứng dụng trong lĩnh vực y khoa chẩn đoán hình ảnh, phẫu thuật chỉnh hình dựa trên các mô hình 3D, các mô hình thực tại ảo.

Tiếp theo, nội dung luận văn trình bày những phương trình toán học và phương pháp tính để làm sao chia nhỏ một lưới tam giác thành các tam giác nhỏ hơn nhằm giúp cho việc hiển thị tô bóng đối tượng 3D tốt hơn và hiệu quả về phần cứng bằng các tam giác PN-Triangles. Sau cùng là kết quả thực nghiệm với chương trình Demo cho nền tảng lý thuyết đã nghiên cứu với sự kết hợp hỗ trợ của các thư viện trong OpenGL.

Bên cạnh những kết quả đạt được thì nghiên cứu này vẫn chưa có sự kết nối với các kỹ thuật làm thế nào để hiển thị bề mặt sao cho mượt và thật nhất, tránh được những ghồ ghề. Bản thân các kỹ thuật

làm mịn và tô bóng sao cho đẹp và giống thật nhất vẫn còn là một vấn đề lớn vẫn còn cần có nhiều nghiên cứu trên thế giới.

Chương trình Demo với các kết quả thực nghiệm của luận văn mới đưa ra được những chức năng có tính chất minh chứng cho lý thuyết mà chưa có sự đầu tư nhiều cho một ứng dụng thực tiễn hơn.

Tuy nhiên trong tương lai đề tài này có thể tiếp tục đầu tư, phát triển theo các hướng phân tích sâu hơn về kỹ thuật giúp cho việc hiển thị đối thị đối tượng trở nên thật và mượt hơn dựa trên tính toán các pháp tuyến PN-triangles nhằm hỗ trợ cho các ứng dụng xử lý đồ họa 3D, đặc biệt là cho ba vấn đề chính được ứng dụng rất lớn đó là thiết kế CAD/CAM, mô phỏng trong y khoa và trong lĩnh vực giải trí game, công nghiệp làm phim hoạt hình với các kỹ xảo đồ họa 3D.

Trên đây là toàn bộ nghiên cứu về lý thuyết và các ứng dụng của các mặt cong tham số Bézier. Nghiên cứu này dựa trên lý thuyết về các đường và mặt cong tham số trong không gian 3D và đã được ứng dụng thành công ở nhiều lĩnh vực khác nhau trong đời sống.