BÀI 5

KẾT NỐI C/C++ VỚI MAPLE/MATLAB VÀ TỐI ƯU HOÁ CHƯƠNG TRÌNH MÔ PHỎNG

Tóm tắt

- Việc sử dụng các hàm tính toán của Maple, Matlab hay các gói phần mềm tính toán khác trong chương trình C/C++ có rất nhiều lợi ích. Bài này sẽ giới thiệu những khả năng này.
- Phần thứ hai sẽ bàn về một số cách để tối ưu hoá chương trình mô phỏng.

Nội dung

Kết nối C/C++ với Maple/Matlab

- Những lợi ích của việc kết nối
- Kết nối với Maple
- Kết nối với Matlab

Tối ưu hoá chương trình mô phỏng

- Tối ưu hoá tính toán
- Tối ưu hoá mô hình hiển thị
- Tối ưu hoá đồ hoạ

NHỮNG LỢI ÍCH CỦA VIỆC KẾT NỐI

Những lợi ích của việc kết nối

- Các hệ chương trình tính toán như Maple, Matlab được sử dụng rộng rãi trong tính toán kỹ thuật
- Các công cụ này có thư viện các hàm tính toán rất mạnh, chưa kể có rất nhiều các thư viện chương trình được viết trên các môi trường này (SpaceLib, Robotics Toolbox…)
- Các hệ chương trình này đều cho phép kết nối giữa chương trình viết bằng C/C++ (hoặc Fortran, Java…) kết nối, tương tác với chúng

Những cách khác nhau để kết nối

- Có một số kịch bản kết nối giữa C/C++ và Maple/Matlab
  1. Một chương trình C/C++ độc lập (standalone) gọi các hàm tính toán của Maple/Matlab
  2. Người dùng Maple/Matlab xuất đoạn mã tính toán của mình thành mã C/C++ để có thể được sử dụng trong một chương trình C/C++ độc lập
  3. Người dùng Maple/Matlab gọi các hàm tính toán được viết bằng C/C++ trong một thư viện liên kết động (các file dll trong Windows)
- Bài giảng này tập trung chủ yếu vào kịch bản thứ nhất: Gọi hàm Maple/Matlab trong C/C++

KẾT NỐI VỚI MAPLE

Kết nối với Maple

- Chương trình cài đặt Maple copy các tệp tin cần thiết để cho phép lập trình kết nối với một chương trình C/C++
- Các tệp tin cần thiết là

  <installpath>\extern\include**maplec.h**

  <installpath>\bin.win**maplec.lib**

  Trong đó <**installpath**> là thư mục cài đặt Maple (ví dụ **C:\Program Files\Maple 13**).
  Một số ví dụ có ở thư mục <installpath>\samples\OpenMaple\
- Trên Windows có thể sử dụng Visual C++ để lập trình kết nối. Khi chạy chương trình, máy tính cần có Maple cài đặt sẵn

Các bước kết nối với Maple: Chuẩn bị

- Chuẩn bị
  - Để có thể sử dụng các hàm cần cho kết nối, chương trình C/C++ cần có dòng

    #include “maplec.h”
  - Và để kết nối thư viện cần thiết cần có dòng

    #pragma comment(lib, "maplec.lib")
- Chú ý: Để Visual C++ tìm được hai tệp maplec.h và maplec.lib ở trên, cần đặt các đường dẫn tương ứng vào trong môi trường phát triển
  - Trong Visual C++ chọn menu Tools/Options…
  - Trong cửa sổ hiện ra chọn Projects and Solutions, VC++ Directories
  - Cần thay đổi Include files và Library files

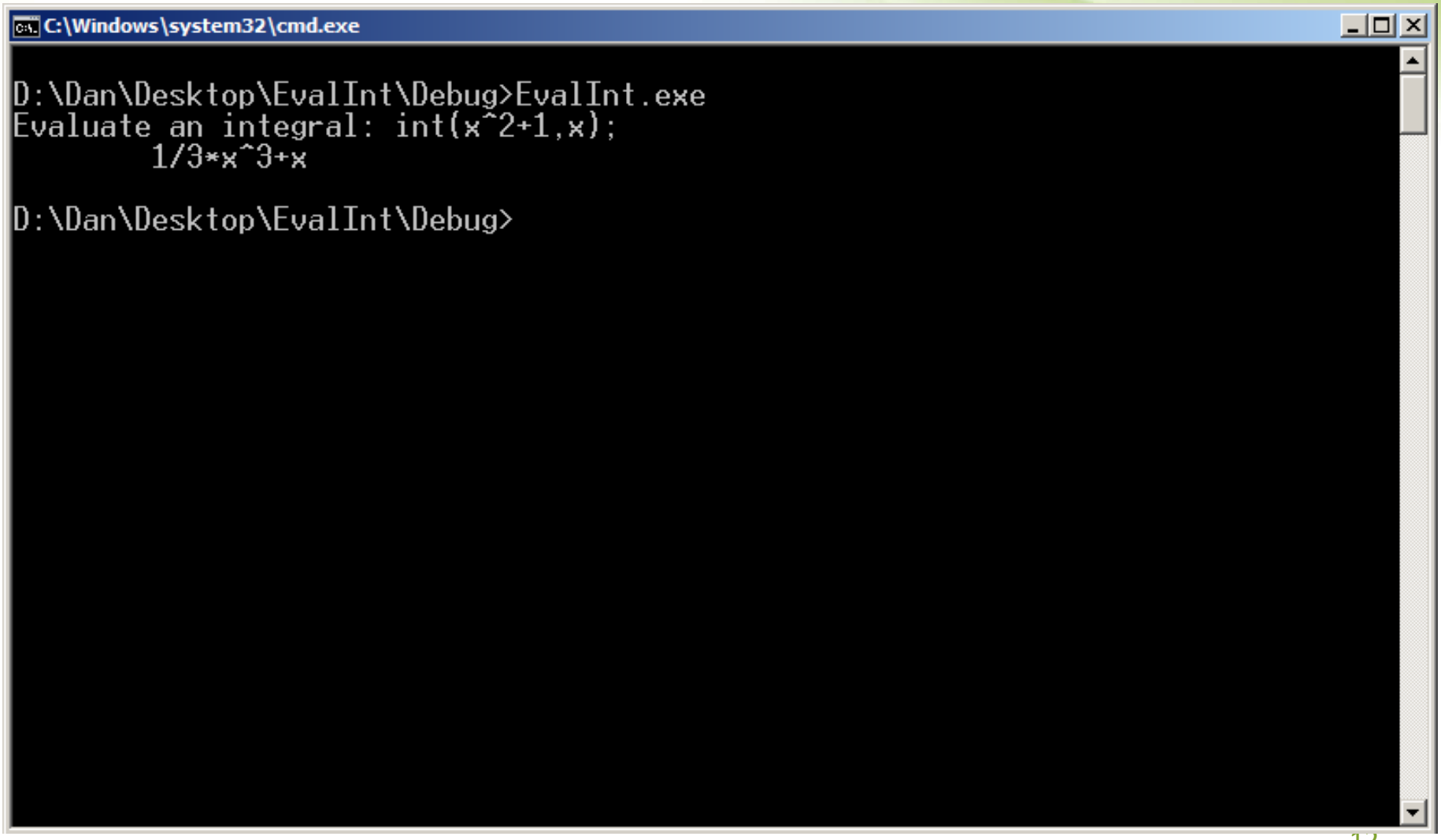
Các bước kết nối với Maple

- Một chương trình C/C++ cần thực hiện 3 bước sau để có thể gọi hàm của Maple
  1. Gọi hàm **StartMaple**() để khởi tạo bộ máy tính toán của Maple
  2. Gọi hàm **EvalMapleStatement**() để thực hiện một lệnh trong Maple. Ngoài ra có thể sử dụng các hàm khác trong maplec.h
  3. Gọi hàm **StopMaple**() sau khi kết thúc tính toán

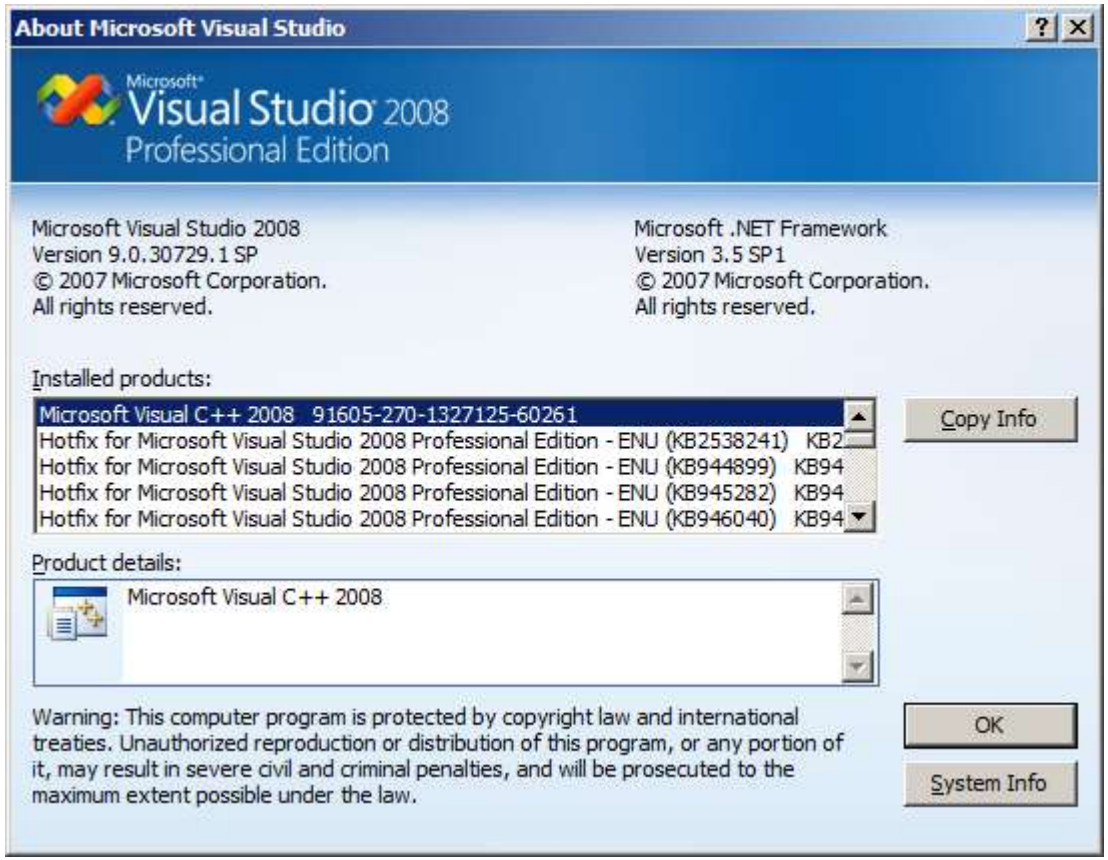
Ví dụ

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include "maplec.h“
#pragma comment(lib, "maplec.lib")

/* callback used for directing result output */
static void M_DECL textCallBack( void *data,
int tag, char *output )
{
   printf("%s\n",output);
}

int main( int argc, char *argv[] )
{
   char err[2048];
  MKernelVector kv;  /* Maple kernel handle
*/
   MCallBackVectorDesc cb = {  textCallBack,
0, 0, 0, 0,  0, 0,  0 };
  ALGEB r, l;  /* Maple data-structures */

  /* initialize Maple */
  if( (kv=StartMaple
(argc,argv,&cb,NULL,NULL,err)) == NULL ) {
    printf("Fatal error, %s\n",err);
    return( 1 );
  }

  char s[] = "int(x^2+1,x);";
  printf("Evaluate an integral: %s\n\t", s);
  r = EvalMapleStatement (kv, s);

  StopMaple(kv);

  return( 0 );
}
```

Kết quả


C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\Dan\Desktop\EvalInt\Debug>EvalInt.exe
Evaluate an integral: int(x^2+1,x);
1/3*x^3+x
D:\Dan\Desktop\EvalInt\Debug>

Minh hoạ


About Microsoft Visual Studio
Microsoft Visual Studio 2008
Professional Edition
Microsoft Visual Studio 2008
Version 9.0.30729.1 SP
© 2007 Microsoft Corporation.
All rights reserved.
Microsoft .NET Framework
Version 3.5 SP1
© 2007 Microsoft Corporation.
All rights reserved.
Installed products:
Microsoft Visual C++ 2008 91605-270-1327125-60261
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB2538241) KB2
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB944899) KB94
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB945282) KB94
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB946040) KB94
Copy Info
Product details:
Microsoft Visual C++ 2008
Warning: This computer program is protected by copyright law and international treaties. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any portion of it, may result in severe civil and criminal penalties, and will be prosecuted to the maximum extent possible under the law.
OK
System Info

KẾT NỐI VỚI MATLAB

Kết nối với Matlab

- Chương trình cài đặt Matlab copy các tệp tin cần thiết để cho phép lập trình kết nối với một chương trình C/C++
- Các tệp tin cần thiết là

  <installpath>\extern\include\engine.h

  <installpath>\extern\lib\win32\microsoft\libeng.lib

  <installpath>\extern\lib\win32\microsoft\libmx.lib

  Trong đó <**installpath**> là thư mục cài đặt Matlab (ví dụ **C:\Program Files\MATLAB\R2010b**).
  Một số ví dụ lập trình có ở đây <installpath>\extern\examples\
- Trên Windows có thể sử dụng Visual C++ để lập trình kết nối. Khi chạy chương trình trên một máy tính, cần cài đặt Matlab Compiler Runtime trước. Bộ cài có tại

  <installpath>\toolbox\compiler\deploy\win32**MCRInstaller.exe**

Các bước kết nối với Matlab: Chuẩn bị

- Chuẩn bị
  - Để có thể sử dụng các hàm cần cho kết nối, chương trình C/C++ cần có dòng

    #include “engine.h”
  - Và để kết nối thư viện cần thiết cần có dòng

    #pragma comment(lib, "libeng.lib”)

    #pragma comment(lib, "libmx.lib")
- Chú ý: Để Visual C++ tìm được các tệp tin trên, cần đặt các đường dẫn tương ứng vào trong môi trường phát triển
  - Trong Visual C++ chọn menu Tools/Options…
  - Trong cửa sổ hiện ra chọn Projects and Solutions, VC++ Directories
  - Cần thay đổi Include files và Library files

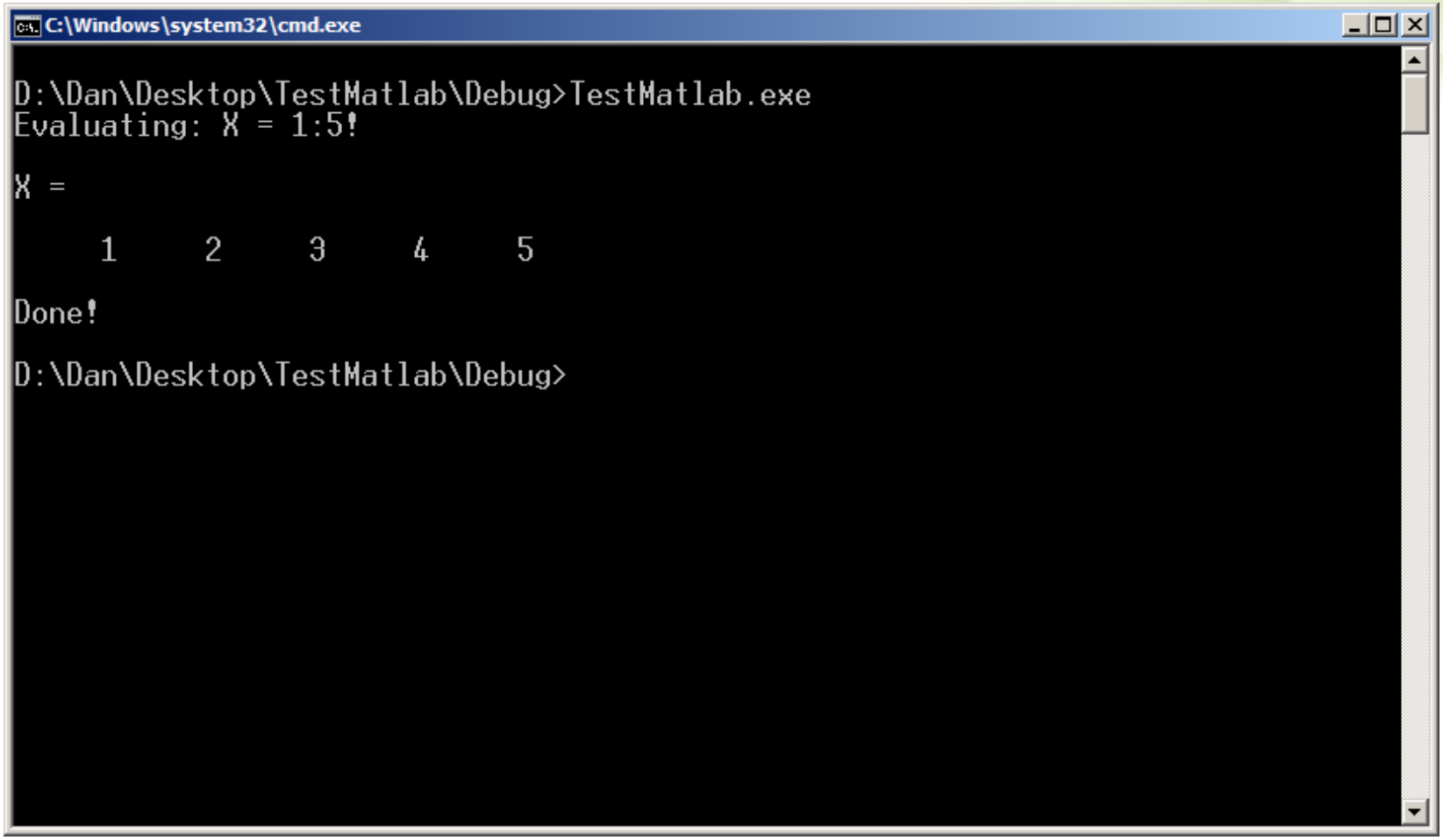
Các bước kết nối với Matlab

- Một chương trình C/C++ cần thực hiện 3 bước sau để có thể gọi hàm của Matlab
  1. Gọi hàm **engOpen**() để khởi tạo bộ máy tính toán của Matlab
  2. Gọi hàm **engEvalString**() để thực hiện một lệnh trong Matlab.
  3. Gọi hàm **engClose**() sau khi kết thúc tính toán

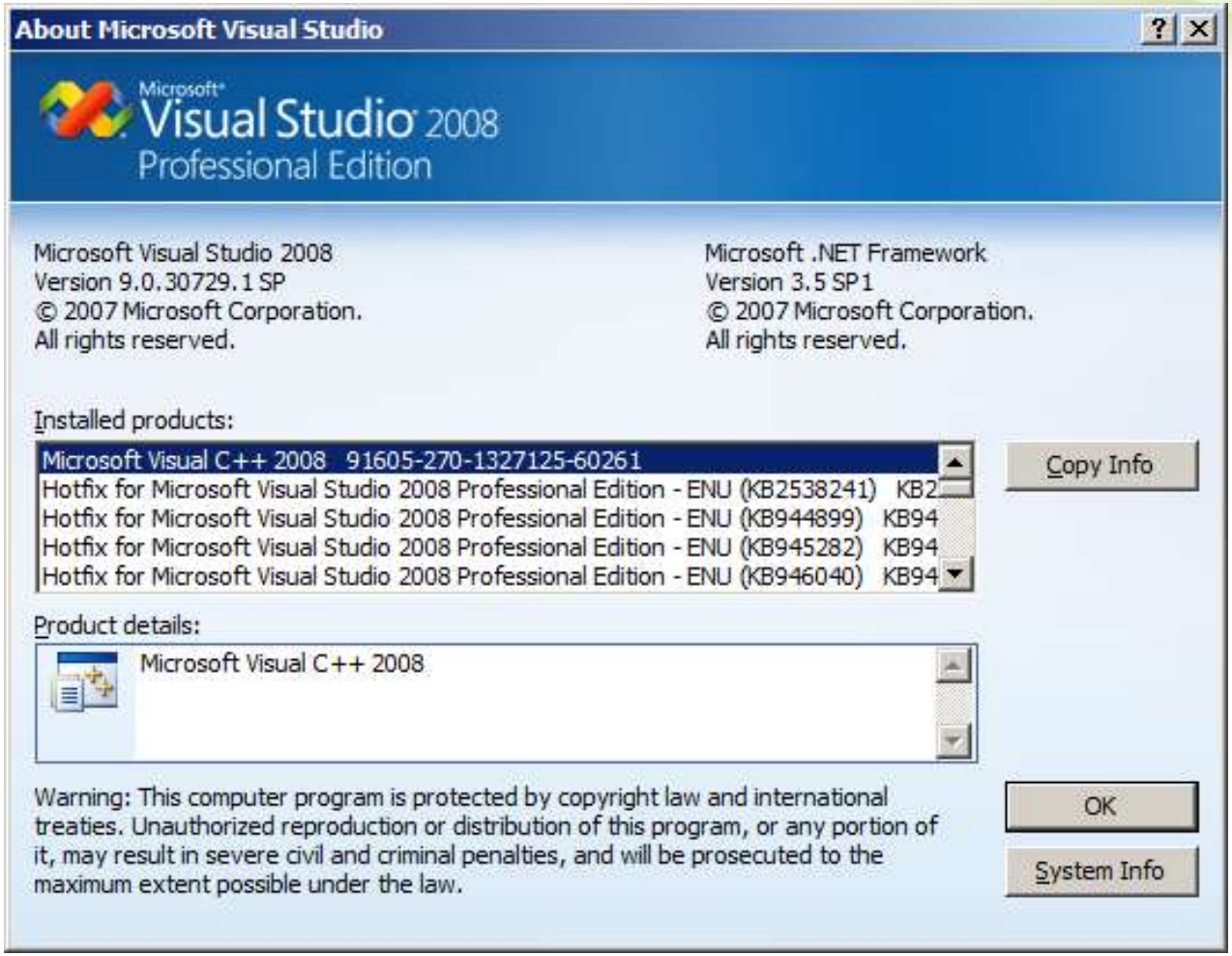
Ví dụ

```
#include <stdlib.h>
#include <stdio.h>
#include <string.h>
#include "engine.h"
#define  BUFSIZE 256

#pragma comment(lib, "libeng.lib")
#pragma comment(lib, "libmx.lib")

int main()
{
  Engine *ep;
  mxArray *T = NULL, *result = NULL;
  char buffer[BUFSIZE+1];

  if (!(ep = engOpen("\0"))) {
    fprintf(stderr, "\nCan't start MATLAB
engine\n");
    return EXIT_FAILURE;
  }

  buffer[BUFSIZE] = '\0';
  engOutputBuffer(ep, buffer, BUFSIZE);

  char s[] = "X = 1:5";

  printf("Evaluating: %s!\n", s);

  engEvalString(ep, s);

  printf("%s", buffer);

  printf("Done!\n");
  engClose(ep);

  return EXIT_SUCCESS;
}
```

Kết quả


C:\Windows\system32\cmd.exe
D:\Dan\Desktop\TestMatlab\Debug>TestMatlab.exe
Evaluating: X = 1:5!
X =
1 2 3 4 5
Done!
D:\Dan\Desktop\TestMatlab\Debug>

Minh hoạ


About Microsoft Visual Studio
Microsoft Visual Studio 2008
Professional Edition
Microsoft Visual Studio 2008
Version 9.0.30729.1 SP
© 2007 Microsoft Corporation.
All rights reserved.
Microsoft .NET Framework
Version 3.5 SP1
© 2007 Microsoft Corporation.
All rights reserved.
Installed products:
Microsoft Visual C++ 2008 91605-270-1327125-60261
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB2538241) KB2
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB944899) KB94
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB945282) KB94
Hotfix for Microsoft Visual Studio 2008 Professional Edition - ENU (KB946040) KB94
Copy Info
Product details:
Microsoft Visual C++ 2008
Warning: This computer program is protected by copyright law and international treaties. Unauthorized reproduction or distribution of this program, or any portion of it, may result in severe civil and criminal penalties, and will be prosecuted to the maximum extent possible under the law.
OK
System Info

Nội dung

Kết nối C/C++ với Maple/Matlab

- Những lợi ích của việc kết nối
- Kết nối với Maple
- Kết nối với Matlab

Tối ưu hoá chương trình mô phỏng

- Tối ưu hoá tính toán
- Tối ưu hoá mô hình hiển thị
- Tối ưu hoá đồ hoạ

Tóm tắt

- Các chương trình mô phỏng thường là những chương trình có yêu cầu rất lớn về tài nguyên tính toán: bộ nhớ, CPU, GPU, đĩa cứng
- Nếu chương trình không đạt hiệu suất cần thiết, cần phải tối ưu hoá
- Có thể tối ưu trên các mặt
  - Tối ưu hoá tính toán (thuật toán)
  - Tối ưu hoá mô hình hiển thị (thể hiện đối tượng)
  - Tối ưu hoá đồ hoạ (hiển thị bằng OpenGL)

TỐI ƯU HOÁ TÍNH TOÁN

CẤU TRÚC + DỮ LIỆU =
CHƯƠNG TRÌNH [HIỆU QUẢ]

TỐI ƯU HOÁ MÔ HÌNH HIỂN THỊ

Tối ưu hoá mô hình hiển thị

- Sử dụng mô hình càng phức tạp thì hiển thị càng chậm
- Có thể sử dụng các kỹ thuật để thay đổi mức độ chi tiết của mô hình tuỳ theo yêu cầu lúc chạy (LOD: Level of Detail)
- Có một số giải pháp
  - Xuất thêm véc-tơ pháp của bề mặt tại các đỉnh tam giác (Dùng file AMF)
  - Xuất dữ liệu bề mặt dưới dạng file SAT (ACIS)
  - Xuất dữ liệu bề mặt dưới dạng mặt các NURBS

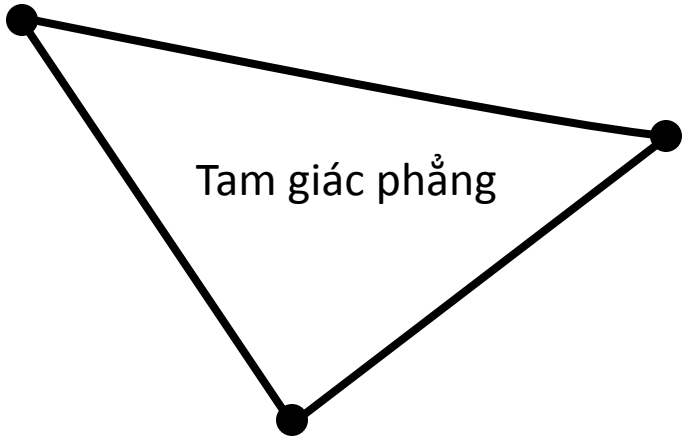
DÙNG FILE AMF

Dùng file AMF

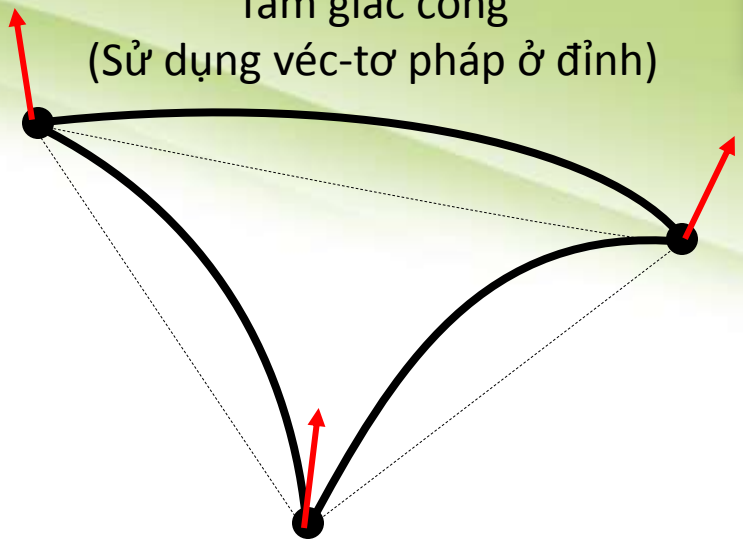
- AMF là một cải tiến của dạng thức file STL do ASTM định nghĩa[1]
- Được dùng chủ yếu cho các máy in 3D (in ra mô hình 3 chiều)
- Đọc mô hình trong AutoCAD, xuất ra file dạng AMF trong đó có thêm véc-tơ pháp tại mỗi đỉnh[2, 3]
- Khi cần có thể nội suy ra thêm các tam giác để tăng chi tiết

[1] AMF File Format http://en.wikipedia.org/wiki/Additive_Manufacturing_File_Format
[2] Current wiki page http://amff.wikispaces.com/
[3] AMF at Cornell University http://creativemachines.cornell.edu/amf

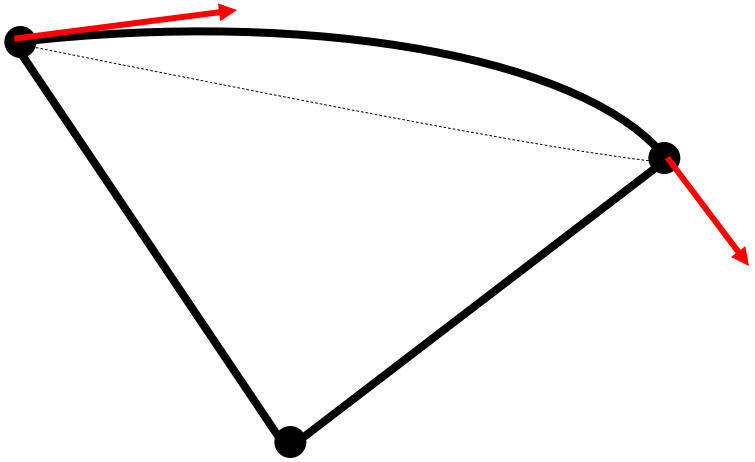
Tam giác cong



Tam giác cong
(Sử dụng véc-tơ pháp ở đỉnh)



Tam giác cong
(sử dụng véc-tơ tiếp ở cạnh)



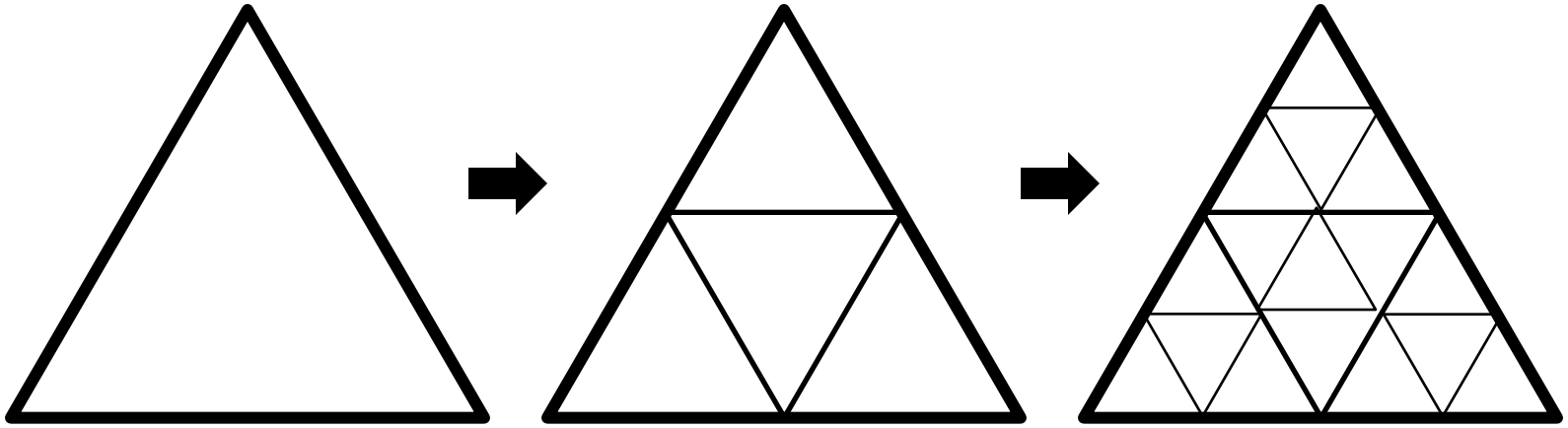
Sử dụng véc-tơ pháp hoặc tiếp để tăng độ chính xác biểu diễn

Chỉ cần cho mặt cong

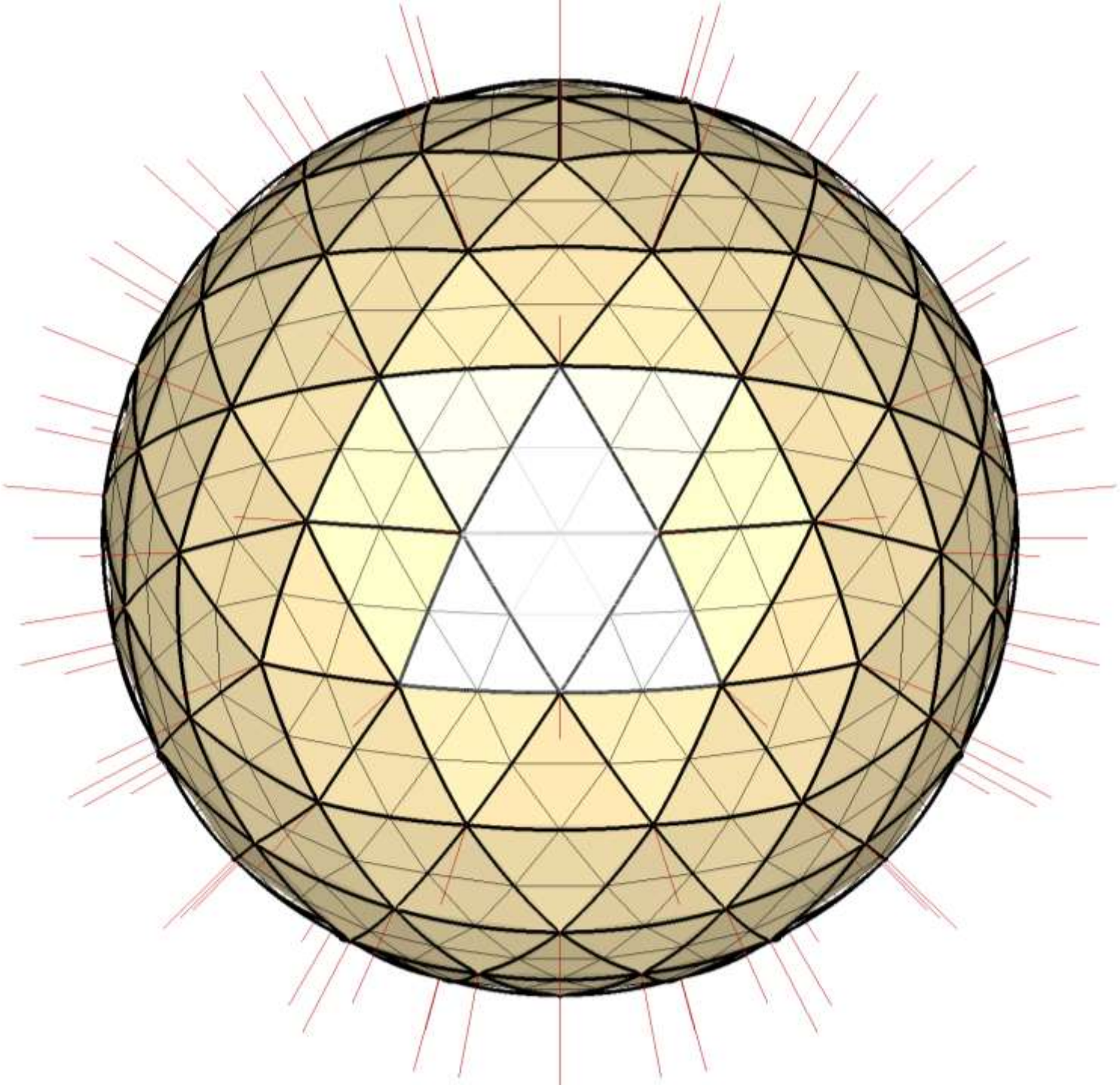
Chỉ cần cho cạnh cong (hiếm gặp)

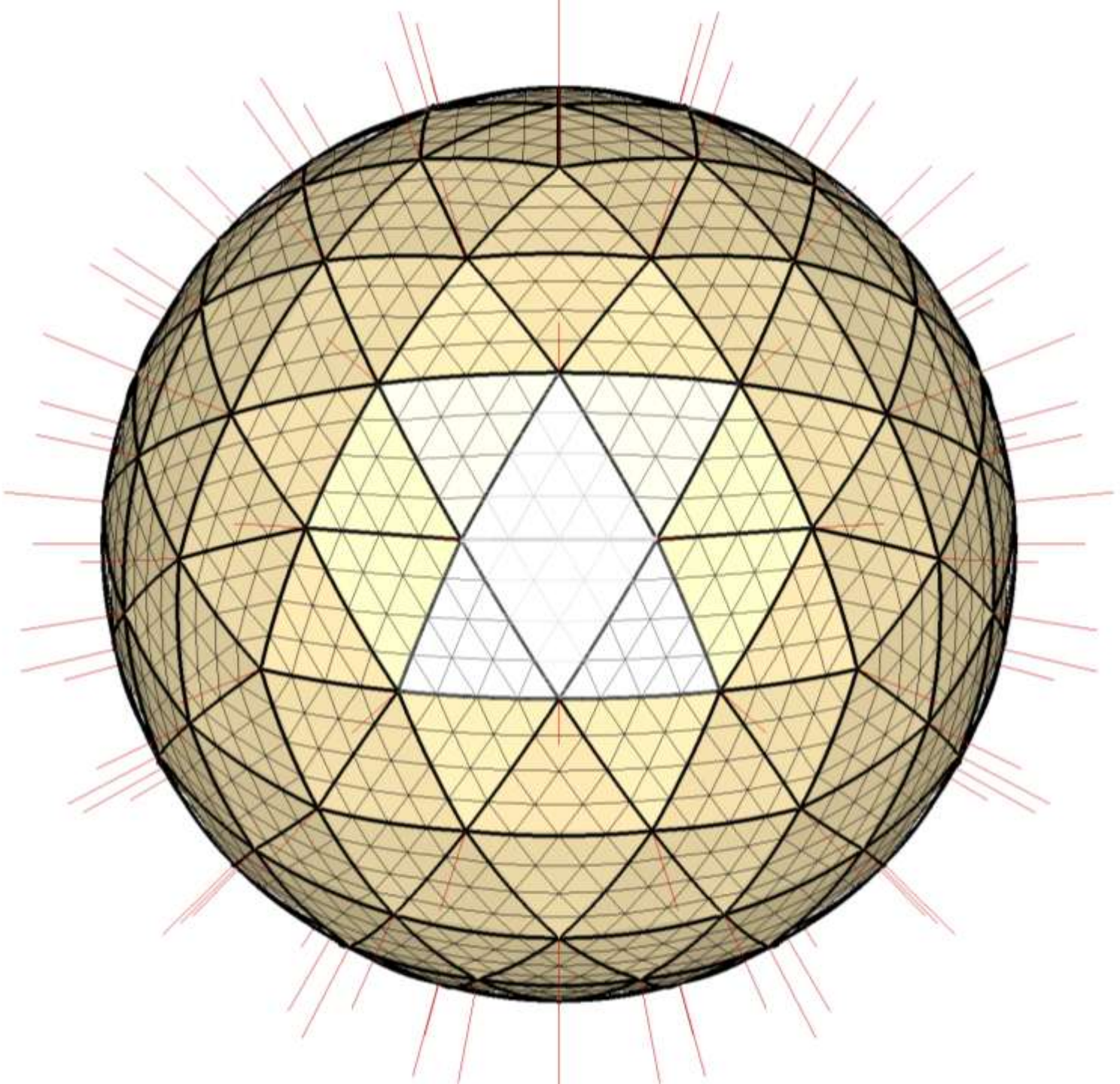
```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<amf units="mm">
  <object id="0">
    <mesh>
      <vertices>
        <vertex>
          <coordinates >
            ...
          </coordinates >
          <normal>
            <nx>0</nx>
            <ny>0.707</ny>
            <nz>0.707</nz>
          </normal>
        </vertex>
        ...
        <edge>
          <v1>0</v1>
          <dx1>0.577</dx1>
          <dy1>0.577</dy1>
          <dz1>0.577</dz1>
          <v2>1</v2>
          <dx2>0.707</dx2>
          <dy2>0</dy2>
          <dz2>0.707</dz2>
        </edge>
        ...
      </vertices>
      <region materialid="0">
        <triangle>
          ...
        </triangle>
        ...
      </region>
    </mesh>
  </object>
</amf>
```

Chia tam giác một cách đệ quy

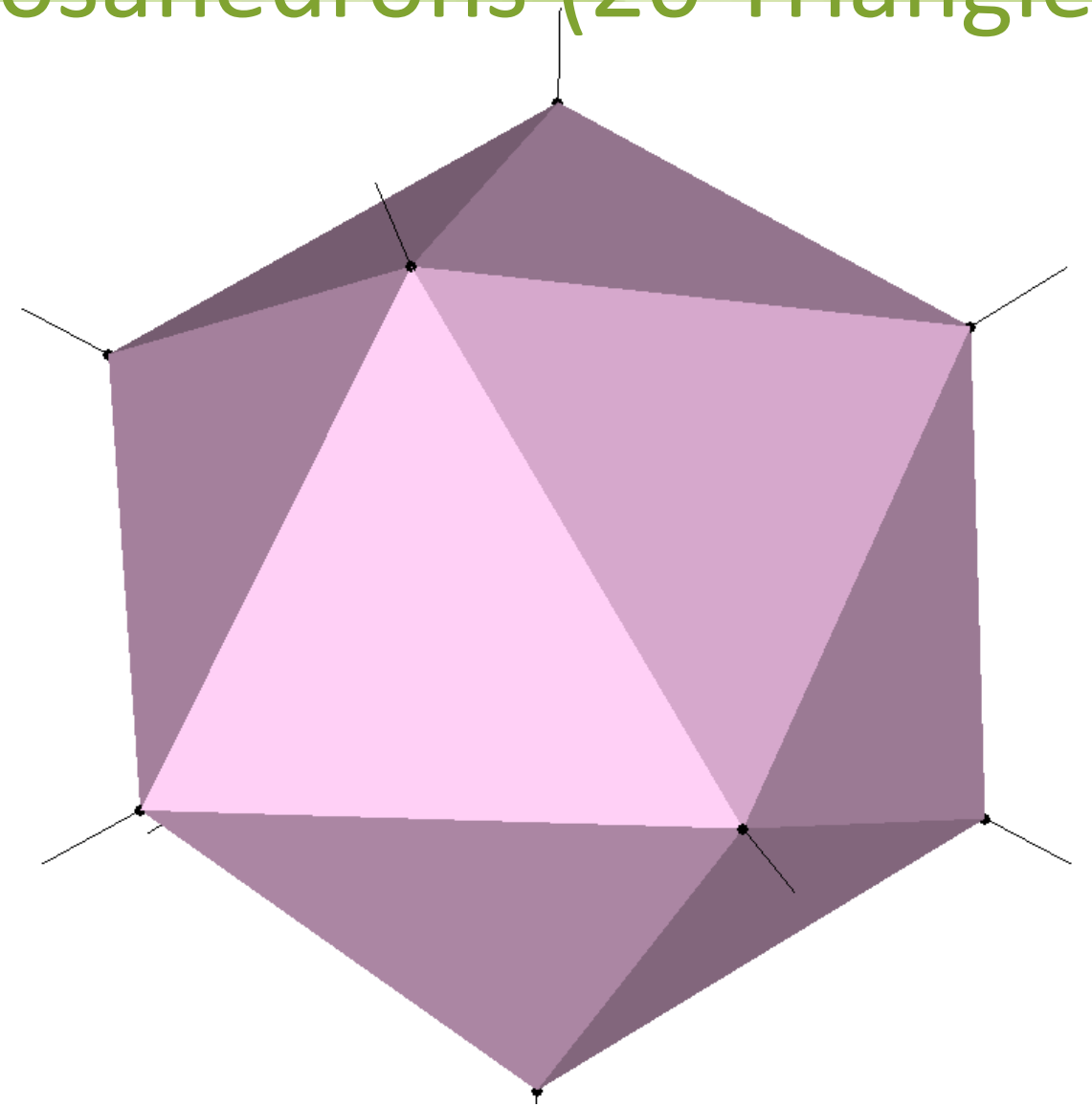


Importer temporarily subdivides each curved triangle into a set of 4^n planar triangles then uses those to calculate slice

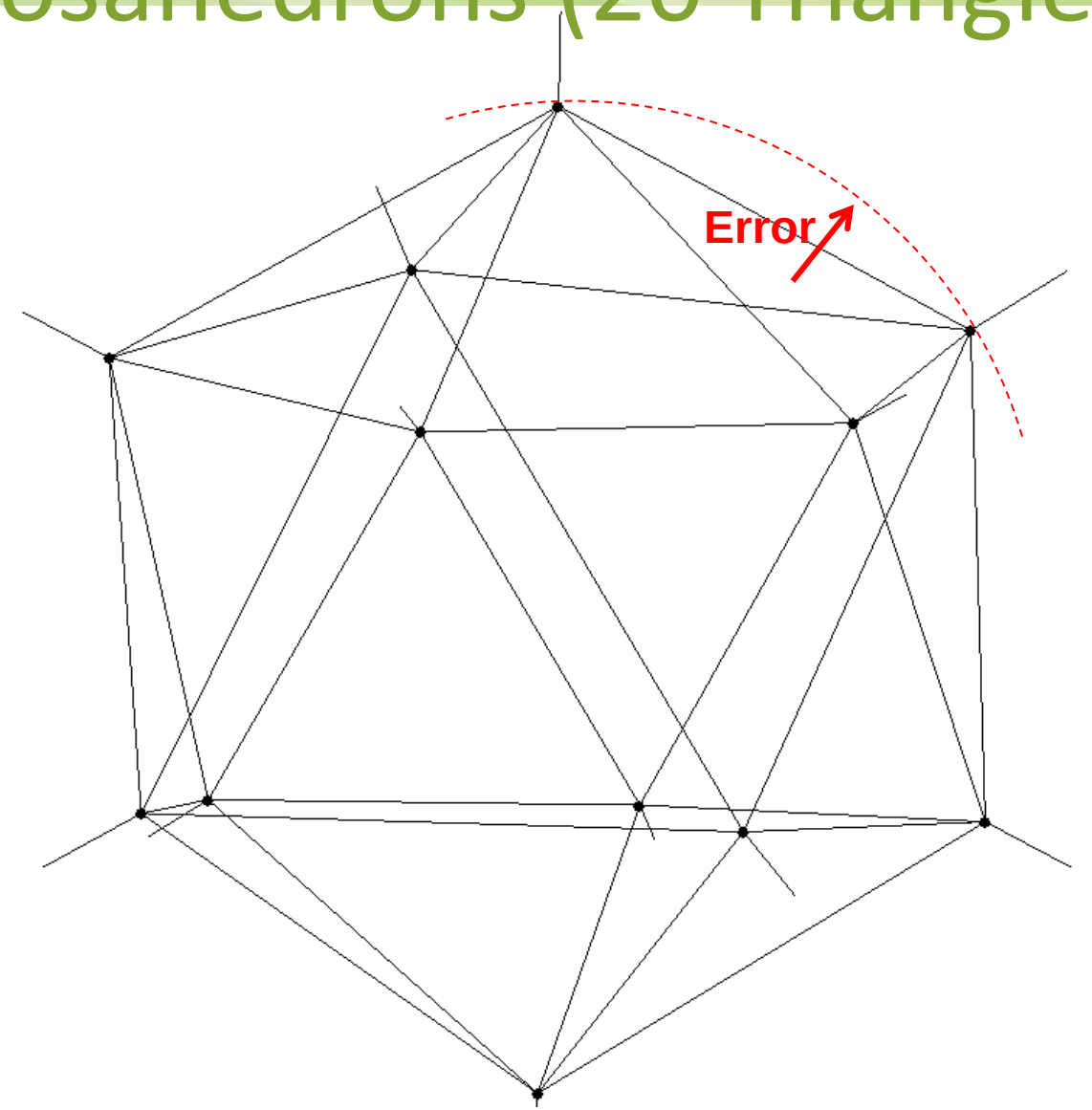




Icosahedrons (20 Triangles)

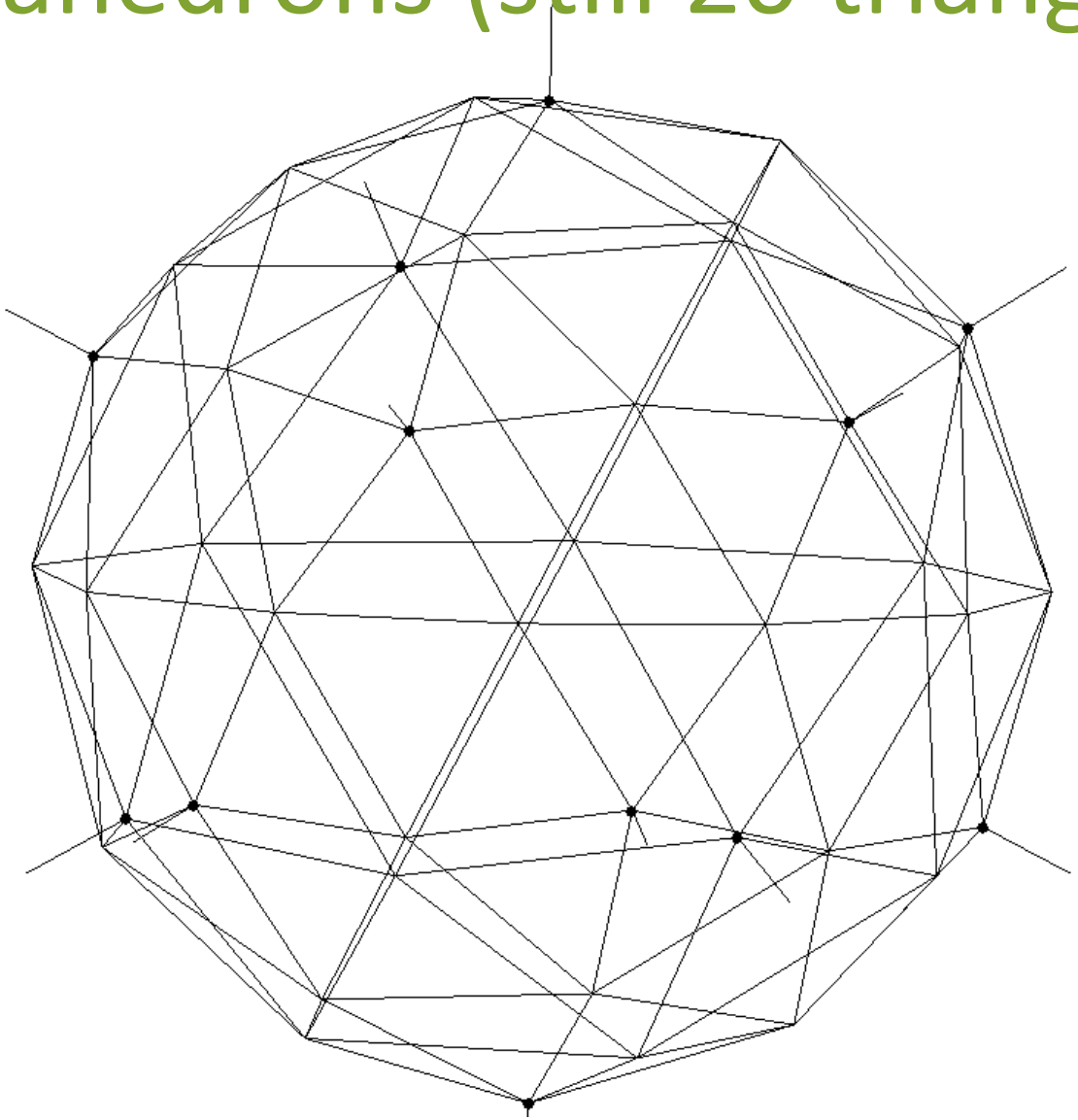


Icosahedrons (20 Triangles)



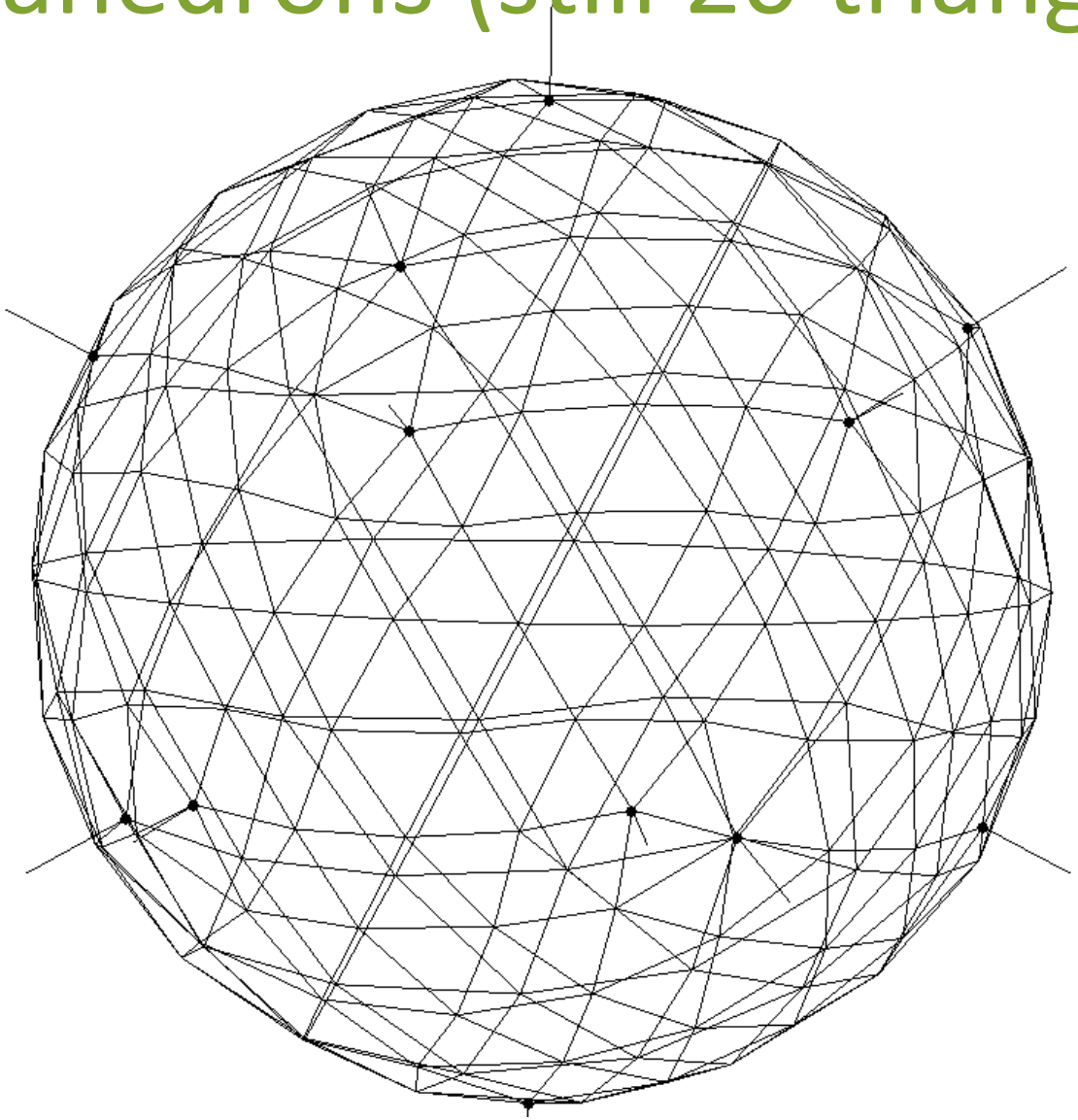
Flat triangles, error = 10.26% of diameter

Icosahedrons (still 20 triangles)



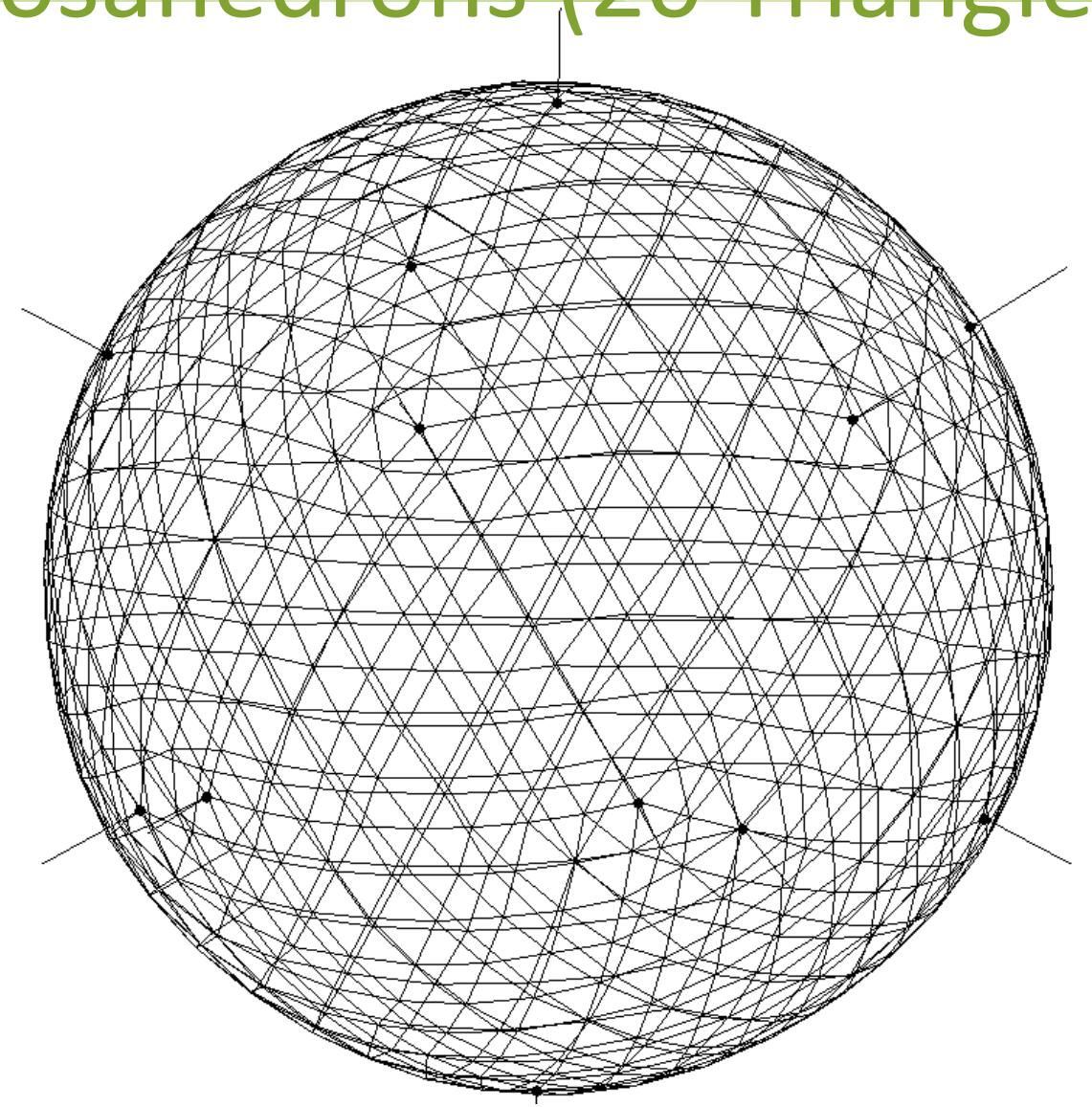
One subdivision, error = 3.81%

Icosahedrons (still 20 triangles)



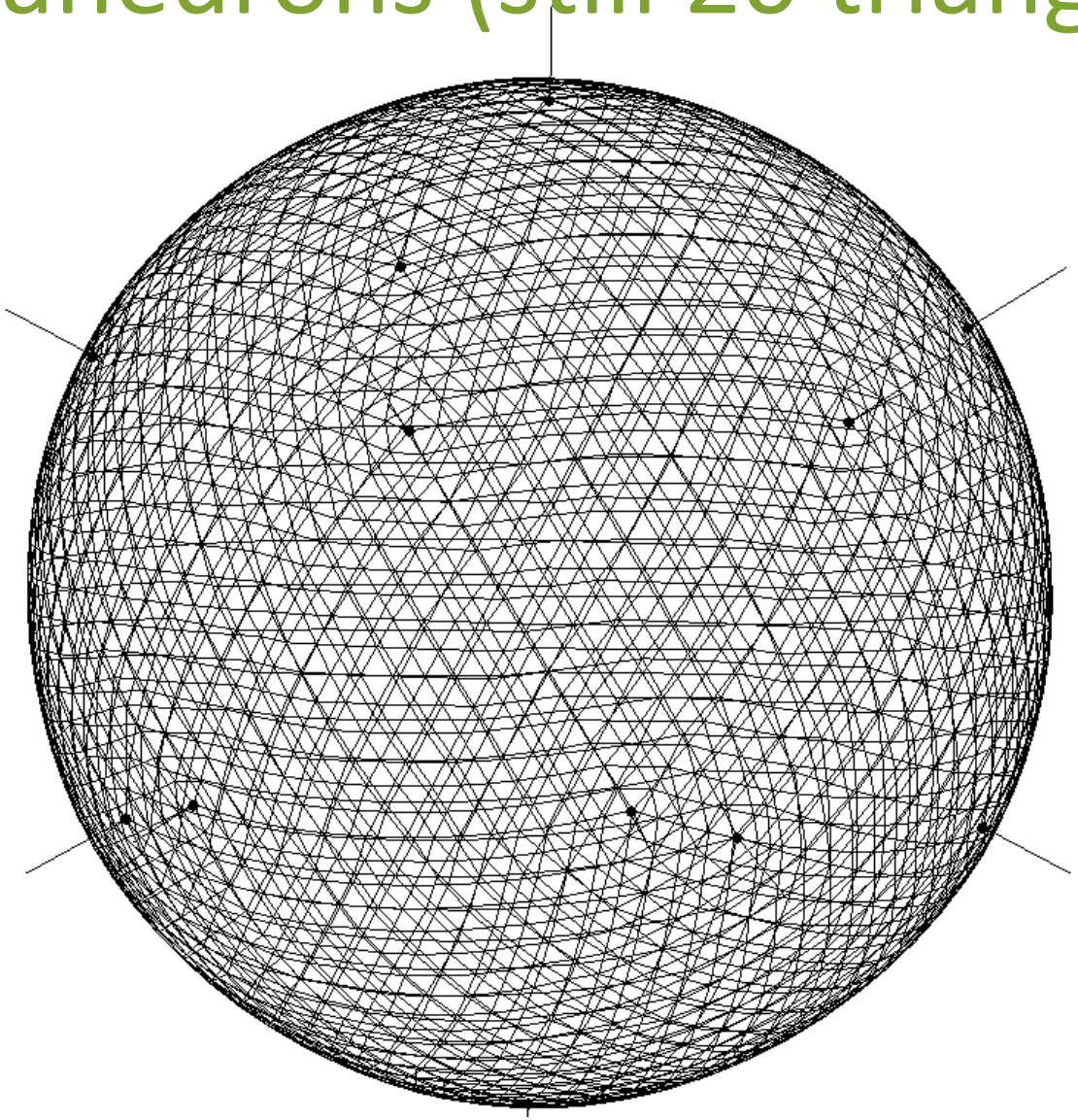
Two-fold subdivisions, error = 1.49%

Icosahedrons (20 Triangles)



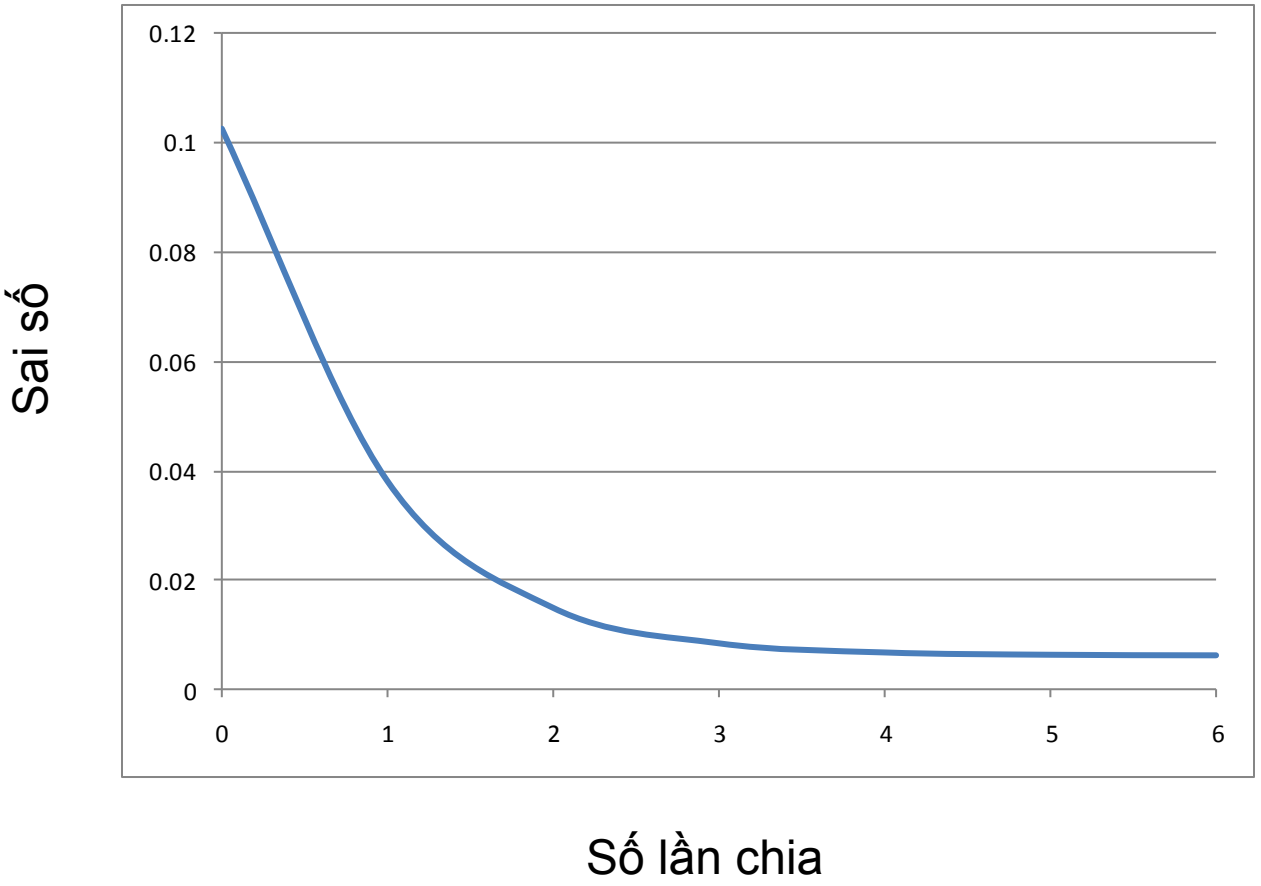
Three-fold subdivisions, error = 0.84%

Icosahedrons (still 20 triangles)

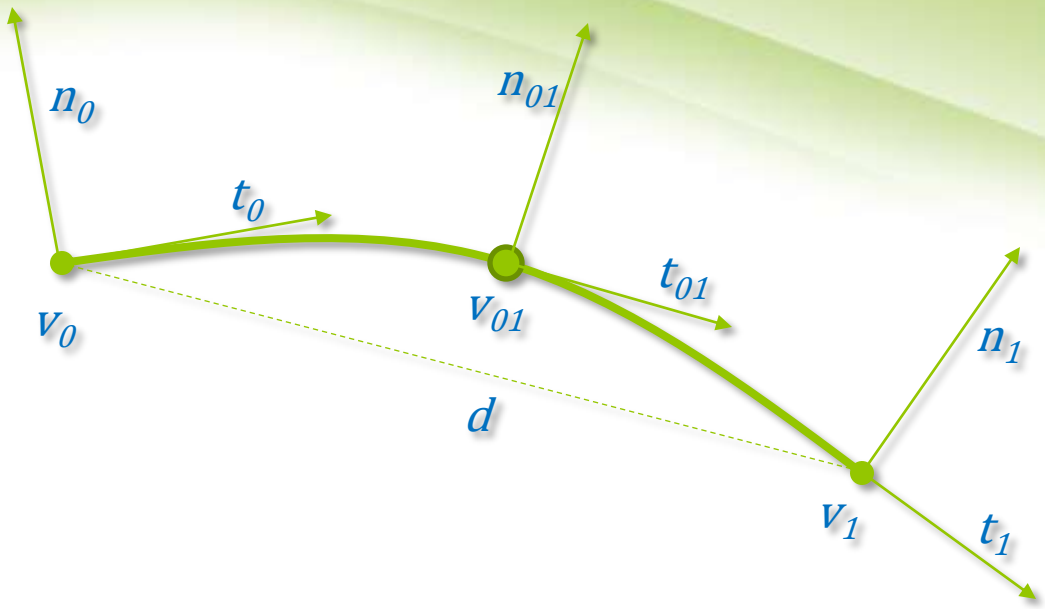


Four-fold subdivisions, error = 0.67%

Hình cầu: Sai số giảm đi theo số lần chia nhỏ



Cách thực hiện



1. Nếu các véc-tơ tiếp t_0 hay t_1 không xác định, tính từ các véc-tơ pháp

$$\vec{t}_0 = |\vec{d}|\frac{(\vec{n}_0\times\vec{d})\times\vec{n}_0}{\|(\vec{n}_0\times\vec{d})\times\vec{n}_0\|}, \vec{t}_1 = |\vec{d}|\frac{(\vec{n}_1\times\vec{d})\times\vec{n}_1}{\|(\vec{n}_1\times\vec{d})\times\vec{n}_1\|}$$

2. Tính toạ độ trung điểm v_{01}=h(0.5) và véc-tơ tiếp tại đó t_{01} sử dụng đường cong Hermite

$$h(s) = (2s^3 - 3s^2 + 1)v_0 + (s^3 - 2s^2 + s)t_0 + (-2s^3 + 3s^2)v_1 + (s^3 - s^2)t_1$$

2. Lặp lại cho các cạnh của tam giác, rồi chia tam giác thành 4
3. Đệ quy cho đến khi thoả mãn (sau khoảng 4 lần sẽ không khác biệt mấy)

Xuất dữ liệu bề mặt dưới dạng file SAT (ACIS)

Xuất dữ liệu bề mặt dưới dạng file SAT (ACIS)

- SAT là dạng file mô tả mô hình vật thể 3 chiều của ACIS[1]
- SAT có cấu trúc mở, bất kỳ chương trình nào cũng có thể sử dụng để đọc/ghi các file này[2]
- Các phần mêm CAD 3D phổ biến đều hỗ trợ việc xuất và nhập file SAT
- Phần mềm mô phỏng có thể đọc các file này và thể hiện trực tiếp mô hình 3D trong đó

[1] ACIS http://en.wikipedia.org/wiki/ACIS

[2] SAT File Format http://local.wasp.uwa.edu.au/~pbourke/dataformats/sat/sat.pdf

Xuất dữ liệu bề mặt dưới dạng các mặt NURBS

Xuất dữ liệu bề mặt dưới dạng các mặt NURBS

- Thư viện lập trình ObjectARX của AutoCAD cho phép truy cập thông tin biểu diễn bề mặt vật thể
- Ta có thể đọc thông tin bề mặt và xuất ra dưới dạng các tham số biểu diễn mặt cong NURBS[1]
- OpenGL cung cấp các hàm để hiển thị các bề mặt NURBS[2]

[1] NURBS on Wikipedia http://en.wikipedia.org/wiki/Non-uniform_rational_B-spline
[2] An Introduction to NURBS and OpenGL http://goo.gl/iWNK2

Câu hỏi?

TỐI ƯU HOÁ ĐỒ HOẠ

Tối ưu hoá đồ hoạ

- Tính hiệu quả của chương trình mô phỏng OpenGL có thể được cải thiện bằng phần cứng (card đồ hoạ) và phần mềm
- Hầu hết card đồ hoạ cao cấp đều hỗ trợ OpenGL
- Phần mềm OpenGL có thể được viết để tăng tốc độ sử dụng nhiều kỹ thuật như dưới đây

Một số kỹ thuật tối ưu hoá chương trình OpenGL

- Đa xử lý: Dùng nhiều CPU (lập trình song song)
- Thay đổi chất lượng hình ảnh (như nói ở trên)
- Tổ chức dữ liệu chương trình hợp lý
  - Ví dụ các hàm cần đến thông số toạ độ sẽ chạy nhanh hơn nếu dùng các toạ độ dưới dạng mảng (glVertex3fv(v) nhanh hơn glVertex3f(x,y,z))
- Giảm thiểu số lần gửi thông tin đồ hoạ xuống card đồ hoạ:
  - Ví dụ: Dùng lệnh glVertexPointerEXT() để gửi danh sách tất cả các điểm xuống card đồ hoạ một lần rồi dùng glDrawArraysEXT() để vẽ tam giác
- Dùng các display list để đưa các hình ảnh vào bộ đệm đồ hoạ
- Giảm số nguồn sáng nếu có thể, nhất là các nguồn sáng điểm

Câu hỏi?