
网格简化项目报告

胡津铭

2014年6月30日

1 简介

本项目实现了一个网格简化程序。能够将输入的OBJ三维模型使用两种算法按照一定的简化比进行简化，将简化结果实时显示出来或输出到OBJ文件。

2 算法

2.1 二次误差度量方法简化

假定模型中所有平面都是三角形，每个三角形满足 $n^T v + d = 0$ ，其中 $n = [n_x \ n_y \ n_z]^T$ 是单位向量， d 是常数。顶点 $v = [x \ y \ z]^T$ 到这个平面距离的平方可以用下式表示：

$$D^2 = (n^T v + d)^2 = (v^T n + d)(n^T v + d) = v^T (nn^T) v + 2dn^T + d^2 \quad (1)$$

此式可以用二次型 Q 来表示顶点到平面距离的平方 D^2 ：

$$Q = (A, b, c) = (nn^T, dn, d^2) \quad (2)$$

$$Q(v) = v^T A v + 2b^T v + c \quad (3)$$

有性质：

$$Q_1(v) + Q_2(v) = (Q_1 + Q_2)(v), (Q_1 + Q_2) = (A_1 + A_2, b_1 + b_2, c_1 + c_2) \quad (4)$$

通过此性质可以方便地计算顶点到面集合距离的平方和。当边 (v_1, v_2) 收缩为 \bar{v} 时，收缩代价 $Q(\bar{v}) = Q_1(\bar{v}) + Q_2(\bar{v})$ 。

计算所有的边的收缩代价并排序，迭代收缩代价最小的边并更新其他边。

2.2 改进的二次误差度量方法

上述算法中边收缩代价的存储和更新计算量大、速度慢。改进的二次误差度量方法与上述方法不同，改进的算法中通过边收缩代价计算每个面的收缩代价，每次收缩时收缩一个面，这样网格的面片数可以连续变化，而且可以处理不封闭网格。同时使用基于阈值的迭代方式，速度大大提高。

3 运行效果

图形界面显示化简结果的效果如下列图片所示，其中左边的是二次误差度量方法简化结果，右边的是改进的算法化简的结果。

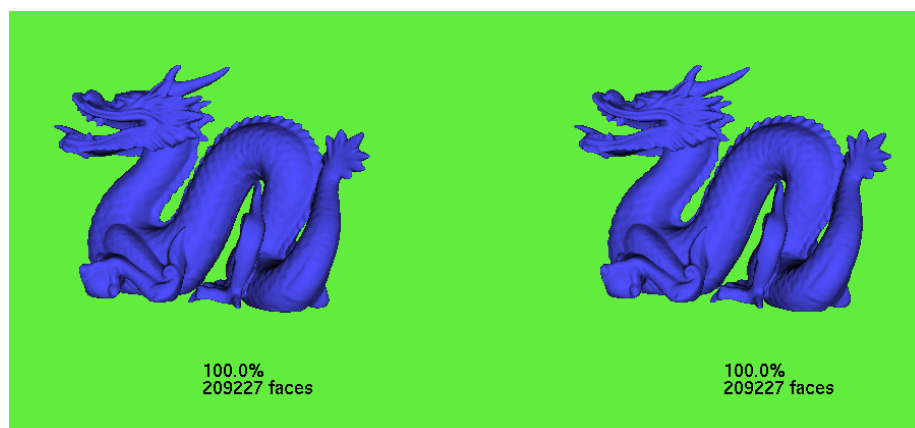


图 1: 未简化的结果

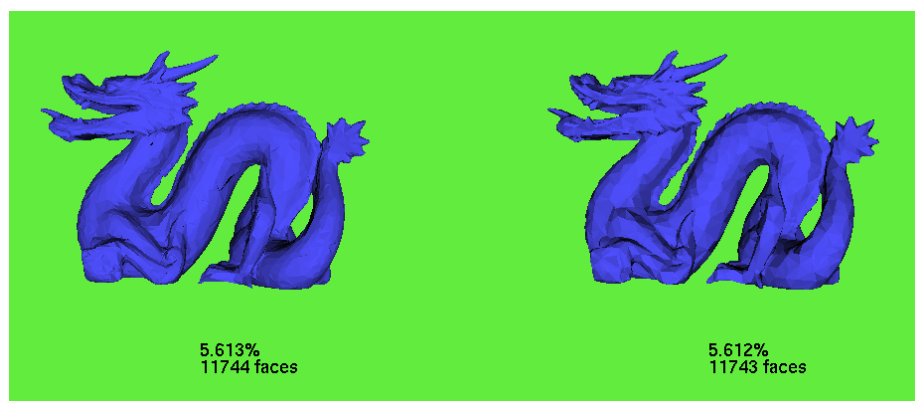


图 2: 简化比为5.6%时的结果

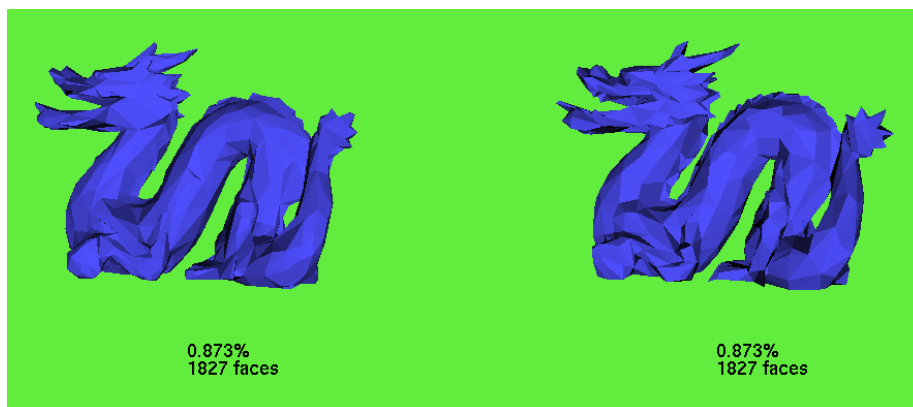


图 3: 简化比为0.87%时的结果

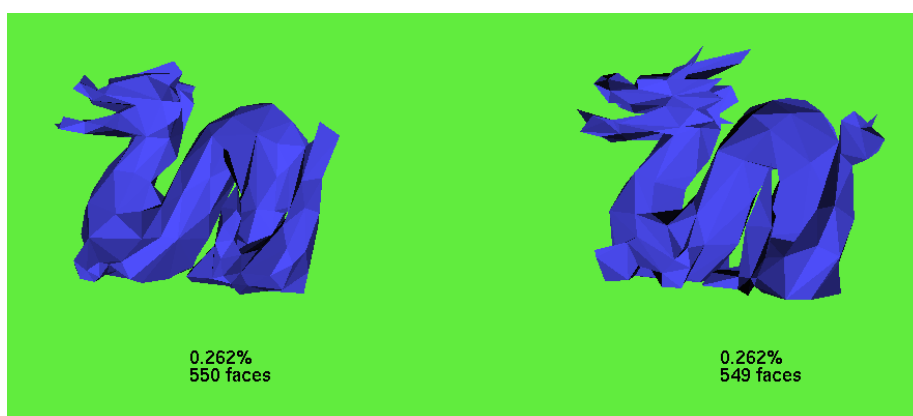


图 4: 简化比为0.26%时的结果

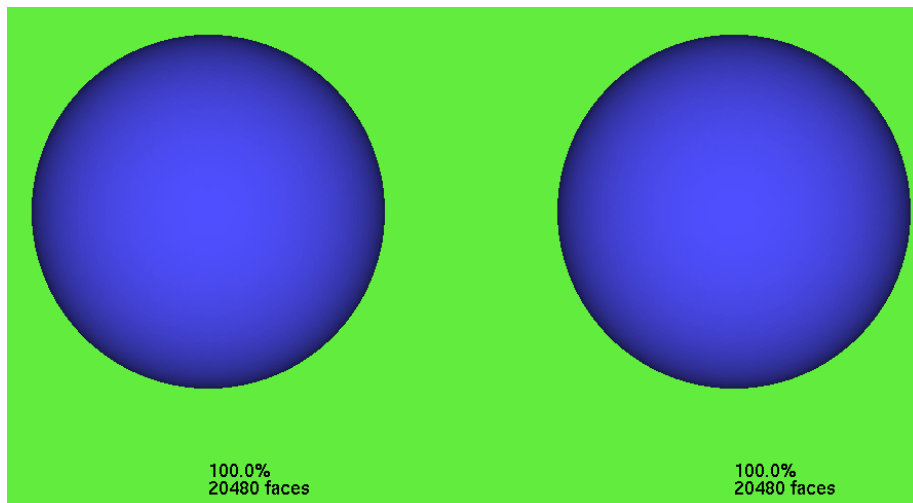


图 5: 未简化的结果

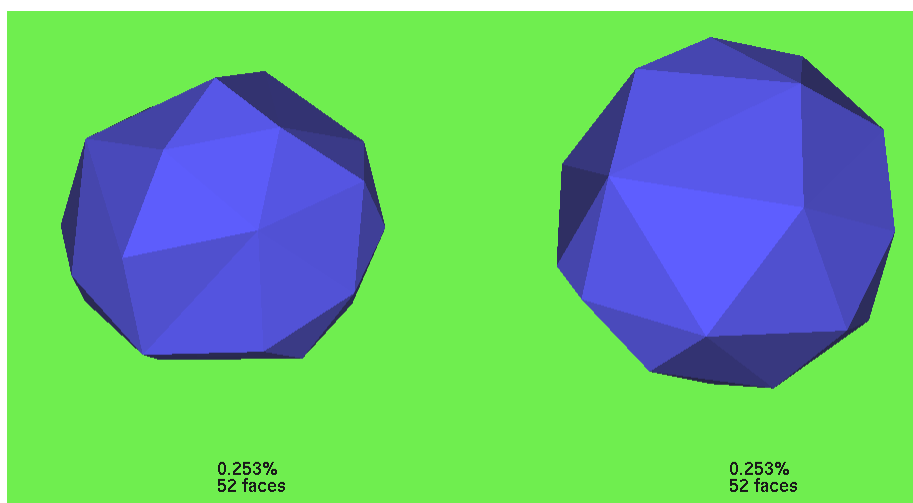


图 6: 简化比为0.25%时的结果

从图??、图??、图??中可以明显地看到，改进的算法能更好地保留模型的特征。

使用未改进的算法简化图??中209227个面片的龙模型到1%，大约需要2.9秒的时间（单线程，下同），使用改进的算法只需要0.6秒。

4 源文件

main.cc 主函数

common.h 通用声明和定义

vector3.h 三维向量类，具有加、减、内积、外积、单位化运算功能

matrix.h 矩阵类，提供矩阵加法功能

triple.h 三元组，类似std::pair，方便程序设计

quadric.h 二次误差度量算法

improved_quadric.h 改进的二次误差度量算法

parser.h OBJ文件解析类，读取和输出OBJ文件

preview.h 基于OpenGL的显示类

5 编译和运行

5.1 编译

编译需要OpenGL3.0或以上版本链接库，编译器需支持C++11（建议GCC4.8及以上，VisualStudio 2012内置MSVC++ 11.0仅部分支持C++11，可能不能通过编译）。程序中使用了C++11线程库，编译时可能需要设置额外的参数。

5.2 运行

使用图形界面的运行命令为MeshSimplification OBJFILE。

MeshSimplification为可执行文件，OBJFILE为OBJ文件。

不使用图形界面的运行命令为MeshSimplification INPUTFILE OUTPUTFILE
RATIO。

MeshSimplification为可执行文件，INPUTFILE为输入OBJ文件，OUTPUT-
FILE为输出OBJ文件，RATIO为简化比。

目前OBJ文件仅支持三角形面片，不支持纹理、材质、多边形面片语法。不支持的语句会被忽略。

6 开发环境

Language: C++

Operating System: Linux 3.14.8-200.fc20.x86_64

Compiler: icpc version 14.0.1 (gcc version 4.8.0 compatibility)

OpenGL: Version 3.0

CPU: Intel(R) Core(TM) i7-3630QM CPU @ 2.40GHz

Memory: Configured Clock Speed 1600 MHz

源代码在上述环境下编译通过且运行正确，本文中测试数据也在上述环境下测得。

7 参考资料

- [1] 孙家广, 胡事民.计算机图形学基础教程(第2版)[M].北京:清华大学出版社, 2009.8
- [2] Garland, M. & P.S.Heckbert.Surface Simplification Using Quadric Error Metrics[C].Pittsburgh:Carnegie Mellon University
- [3] 3D GIS.约束条件下二次误差度量简化方法[N/OL].博客园, 2007.10.<http://www.cnblogs.com/wuhanhoutao/archive/2007/11/10/955004.html>
- [4] Spacerat.Quadric Mesh Simplification with Source Code[N/OL].2014.5<http://voxels.blogspot.jp/2014/05/quadric-mesh-simplification-with-source.html>