

一种多特征动态集成的3D模型检索方法

李得亮, 秦茂玲

(山东师范大学 信息科学与工程学院, 山东 济南 250014)

摘 要:基于内容的3D模型检索是多媒体信息检索的热点研究问题之一,其主要的的问题是提取3D模型的形状特征,但是采用单一特征很难保证检索系统对于任意输入查询模型都有很好的检索准确率。为了提高准确率,引入多种形状特征,通过加权求和在输出层融合,得到总体上模型间的相似度。每种特征采用动态权值,针对输入查询模型的不同,根据用户反馈对知识库中的权值自动更新。采用了形状分布特征和球面调和特征进行系统的建模,实验表明,文中方法比采用单一特征检索的准确率大大提高。

关键词:三维模型检索;多特征;动态权值;反馈

中图分类号:TP391.41

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2008)09-0030-04

3D Model Retrieval Based on Multi-Feature Dynamic Itergration

LI De-liang, QIN Mao-ling

(Institute of Information Science and Engineering, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: The content-based 3D model retrieval is one of the hot research problems in the multi-media information retrieval, and the main problem is how to distill 3D models' shape features. But single feature is not enough to describe the shape of 3D models. Present a method by itergrating multi-feature to improve retrieval accuracy. Two features are used and each feature has a weight. These features are syncretized on ourput layer. By plusing the two results of the features with their weights, can get the whole result. According to users' feedback, the system change the weights of each feature dynamically. Experinents show retrieval accuracy has a greater improvement than on single feature.

Key words: 3D model retrieval; multi-features; dynamic weights; feedback

0 引 言

三维模型作为一种新媒体,其应用越来越广泛。随着三维建模工具和扫描装置的改进,以及计算机软硬件技术的发展,每天都有大量模型产生并被传播,因此,迫切需要对三维模型进行有效的管理和检索。虽然基于文本的检索技术较成熟且应用广泛,但并不能有效检索三维模型^[1]。基于内容的检索技术是根据模型的实际内容(如几何形状、拓扑结构等)进行自动检索,由于人为干预较少,已经成为研究热点。基于内容的三维模型检索技术的研究重点是三维模型的特征提取、特征描述和特征比较。形状特征提取方法主要包括基于统计特性的形状特征、基于几何结构分析的形

状特征、基于拓扑关系的形状特征和基于视觉的形状特征。任何一种特征都有其优缺点,Bustos^[2]的实验证明:采用单一特征很难保证检索系统对于任意模型都有很好的检索准确率。集成不同的形状特征可使它们优势互补,能更好地描述三维模型特征。因此采用特征集成是提高检索准确率的有效方法^[3~6]。

在采用特征集成进行模型检索时,对用户给定的输入查询,不同特征所表现出来的检索性能是有差异的。文中对不同特征分配不同的权值来度量这种差异,并通过输出层的加权求和得到总体的相似度。但同一种特征当输入的查询模型不同时,检索性能也有很大差异。文中对数据库中的每个模型建立了权值知识库,存储了针对不同的查询模型各个特征所应具有权值。知识库中的权值是基于初始值动态调整的,其调整基于用户对检索结果的反馈。用户可以对检索结果进行打分衡量,权值调整算法则根据用户的反馈结果,自动调整知识库中的相应权值。权值调整算法是一个收敛的算法,当反馈次数达到一定程度,权值会趋于一个稳定分布,检索性能将不再变化。

收稿日期:2007-12-04

基金项目:国家自然科学基金资助项目(69975010,60374054);山东省自然科学基金资助项目(Y2003G01,Z2004G02)

作者简介:李得亮(1983-),男,山东济南人,硕士研究生,研究方向为三维模型检索、图像处理;秦茂玲,副教授,硕士生导师,研究方向为实体造型、图像处理等。

1 基于反馈的多特征集成

1.1 采用动态权值集成多特征

在采用多特征进行模型检索时,对用户给定的输入查询,需要对不同特征描述所得到的相似度分配不同的权值,以度量不同特征所表现出来的检索性能的差异。设模型数据库共有 N 个模型,系统采用的形状特征的数目为 L ,对于数据库中的第 i 个模型 M_i ,其采用多特征描述的总相似度 Sim_i 可以采用加权和来表示:

$$\text{Sim}_i = \sum p_j \times \text{Sim}_i^j, j = 1, 2, \dots, L \quad (1)$$

其中 Sim_i^j 表示采用特征 F_j 时得到的查询模型和数据库中模型 M_i 之间的相似度, p_j 表示对当前用户提交的查询实例每一种特征所具有的权值。如何确定 p_j 成为多特征描述的一个关键问题。

一个比较简单的方法是为每种特征定义一个固定权值。但是,对于用户提交的不同查询实例,同一种特征所表现出来的检索性能是不一样的,即某种特征所表现的检索性能与所输入的查询实例密切相关。图1和图2给出了采用形状分布特征时的查询结果,其中的第一列表示用户提交的查询模型。对于鱼模型采用该特征可以得到很好的检索结果,但对于电视模型,该特征的检索结果会很糟。因此,应该根据输入查询模型的不同,采用不同的权值。



图1 输入查询为鱼类时的检索结果



图2 输入查询为电视时的检索结果

1.2 建立模型的权值知识库

建立一个权值知识库,对模型数据库中的每一个模型 M_i ,给定 $w_t^j, t \in [1, N], j \in [1, L]$,用于度量输入检索模型为 M_i 采用特征为 F_j 时具有的检索性能。故对于每个三维模型 M_i 都有 $N \times L$ 个 w 值,这些 w 值将组成检索系统的知识库,用于检索过程。初始化时,将 w 值设为平均值 $1/L$,然后根据用户对检索结果的反馈,动态地更新这些权值。当用户输入查询模型 Q 时,系统需要两步来完成相似度计算过程:

1) 确定特征权重 p_j 。

2) 根据式(1)计算查询模型和数据库中每个模型的总相似度。

对 p_j 的确定采用如下的过程:输入查询模型 Q ,单独采用 F_j 为形状特征,对计算得到的相似度 Sim_i^j 进行排序, $\text{best}_j = \{i \mid \max(\text{Sim}_i^j), i = 1, \dots, N\}$,即 best_j 代表采用特征 F_j 时,数据库中和查询模型 Q 最相似的模型。则:

$$p_j = w_k^j, k = \text{best}_j \quad (2)$$

采用式(2)得到最优权重基于这样一个思想:当采用某一类特征进行模型检索时,由于输入的查询模型是不确定的,无法度量对于任意的查询模型某一种特征所表现出来的检索性能。因此采用一种近似的方法:首先在数据库中找到和查询模型最相似的模型 best_j ,把采用该模型进行检索时得到的检索性能 w_k^j 作为查询模型的权值。

1.3 基于用户反馈的权值更新

权值 p_j 选择于系统知识库中的某个 w_t^j 值, w_t^j 值可以在初始值的基础上动态调整,采用基于用户反馈的更新方法。通过用户评价分析不同特征对当前输入模型所表现出来的检索性能,从而完成权值的动态更新。权值更新采用如下算法^[7]。

设集合 $RT \subset MS$ 是采用多特征描述返回的检索结果,对集合中的每个模型,用户可以对其进行评价。其评价参数 Score 定义如下:

$$\text{Score} = \begin{cases} 1 & \text{相似的} \\ 0 & \text{不确定的} \\ -1 & \text{不相似的} \end{cases} \quad (3)$$

在式(3)中,若 Score 等于1,表明该模型是用户期望的结果;而等于-1表明检索到的模型和用户查询是不相关的;等于0是一个临界状态,表明对该模型用户很难做出一个确定的判断。

类似地,记单独采用特征 F_j 得到的检索结果为 $RT^j \subset MS$ 。显然,集合 RT^j 和 RT 存在一定的交集。在交集中,若用户表明相似的模型越多,则表明该特征对输入模型所表现出来的检索性能越好;反之,若不相似的模型越多,则表明该特征对输入模型不是一种理想的形状描述符。对于模型库中的任一模型,其不同特征对应的初始化权值取为平均值 $1/L$ 。

设 Δk^j 表示对于当前的查询模型,采用特征 F_j 时根据用户的反馈,权值所应调整幅度,其初始值设为0,则采用式(4)更新权值:

$$\Delta k^j = \Delta k^j + \text{Score}_i, i = 1, \dots, N \quad (4)$$

这里 Score_i 表示属于集合 RT^j 中第 i 个元素的评价参数。若该元素属于集合 RT^j 和 RT 的交集,则该值对应的是用户指定的反馈值;否则该值为0。则最终的 Δk^j 值表明了特征 F_j 对当前查询模型的检索性能。将

Δk^j 进行归一化:

$$\Delta k^j = \frac{\Delta k^j}{\sum \Delta k^j}, j = 1, \dots, L \quad (5)$$

然后,将知识库中的初始权值 w_i^j 加上调整值来更新权值:

$$w_i^j = w_i^j + \Delta k^j \quad (6)$$

这里 w_i^j 是与查询模型 Q 最相似的模型 M_i 的权值。将权值 w_i^j 归一化:

$$w_i^j = \frac{w_i^j}{\sum w_i^j}, j = 1, \dots, L \quad (7)$$

把归一化后得到的权值写入知识库,从而完成权值的更新。这些权值将在下一次检索中被使用。对于用户反馈,它有一个收敛的过程,已经证明^[4],当反馈次数达到一定程度,权值会趋于一个稳定分布,检索性能将不再变化。

2 系统建模及分析

采用下面两种特征进行检索系统集成建模:(1)形状分布直方图^[8];(2)球面调和特征^[9]。

2.1 形状分布特征

Osada 提出一种基于形状分布的特征。这个算法首先使用一个几何函数来计算三维模型顶点的形状特征,然后获得形状特征分布直方图,最后通过比较形状特征分布直方图的相似距离来获得三维模型的几何相似性。这里采用 D2 距离作为几何函数。

算法过程如下:

1)首先对三维模型进行固定顶点数采样,顶点采样方法如图 3 所示,首先计算两个随机数字 r_1 和 r_2 ($0 < r_1, r_2 < 1$),然后使用如下公式(8)计算采样顶点。

$$p = (1 - \sqrt{r_1})A + \sqrt{r_1}(1 - r_2)B + \sqrt{r_1 r_2}C \quad (8)$$

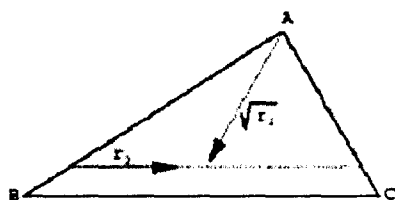


图3 采样顶点的计算

2)用采样顶点之间的距离作为形状分布直方图的统计量,计算形状分布统计直方图,提取的特征向量设置为 12 维。

3)通过范数距离来获得形状分布直方图之间的相似距离,然后获得三维模型的相似度。

2.2 球面调和特征

球面调和分析是球坐标系上的一种重要的函数分

析工具,它是球面坐标系的函数分析方法。球面调和函数分析计算公式如下所示:

$$a_{n,m} = \iint_{\theta=0}^{2\pi} \sin(\theta) f(\theta, \varphi) \bar{Y}_n^m d\theta d\varphi \quad (9)$$

$$f(\theta, \varphi) = \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{m=-n}^n a_{n,m} Y_n^m(\theta, \varphi) \quad (10)$$

$$Y_n^m(\theta, \varphi) = \sqrt{\frac{(2n+1)(n-m)!}{4\pi(n+m)!}} \cdot \quad (11)$$

$$P_n^m(\cos(\theta)) e^{im\varphi}, n > 0$$

其中 $Y_n^m(\theta, \varphi)$ 是球面调和分析的正交基, n 是频带宽度, m 是每个频带下的频率分量, $P_n^m(x)$ 是 Legendre 多项式。

算法首先将三维模型的重心移至坐标原点,然后通过扩展高斯图像的方法体素化模型,得到三维模型的球坐标函数,利用快速球面调和变换算法 FSHT 进行球面调和分析,取带宽为 64,最后通过球面调和函数系数的模值来比较三维模型的相似性。

2.3 实验结果及分析

实验系统是一个本机的数据库系统,系统将上面两种特征集成,按照第 1 节的方法建立权值知识库并初始化权值,以文件的方式输入查询模型,通过打分反馈来评价检索结果,一般在经过 2 到 3 次的反馈过程检索结果就不再变化。可通过重复这一过程训练知识库,最终可使知识库内的权值得到合理的结果。实验采用的三维模型是笔者从网络上下载的,并经转化,将所有模型文件转化为 Obj 格式,以便进行统一处理。实验中模型数据库共有 120 个三维模型,分为鱼类、汽车、飞机等 16 大类。检索结果如图 4 和图 5 所示。

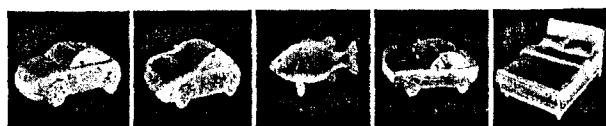


图4 输入的查询模型

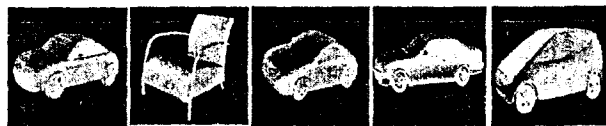
通过实验可以看出,特征集成比单特征的检索性能有了较大的提高,准确率增强。图 6 是对检索性能的比较。

3 结束语

随着 3D 模型的广泛使用和网络的发展,基于内容的 3D 模型检索技术具有很大的研究价值和应用前景。目前已经提出了多种形状特征的提取方法,但是采用单一的形状特征很难保证系统对任意的输入查询模型都具有很好的检索准确率。为了解决这一问题,可以采用多种特征集成的方法,以实现特征间的优势互补。文中讨论了对多特征进行集成的方法,提出了



采用形状分布特征得到的检索结果



采用球面调和特征得到的检索结果



采用特征集成得到的检索结果

图 5 检索最终结果

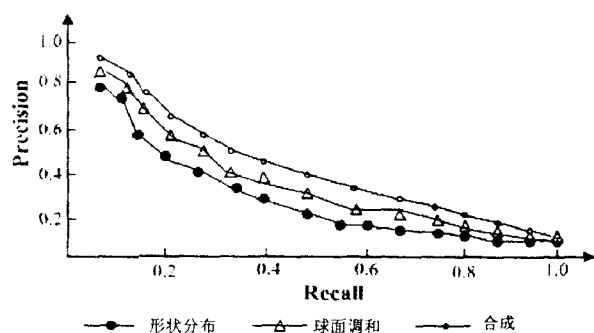


图 6 检索性能比较

采用动态权值集成多种特征,建立模型的权值知识库,采用用户反馈的方法更新权值。实验表明文中方法具有较好的效果,能够较大提高系统检索的准确率。在今后的研究中,多特征集成方法仍将是研究的重点,如何将非形状描述的知识信息融入到检索系统中也将是一个需要解决的重点问题。

(上接第 29 页)

换数据包延迟时间为 T_A ; 轨内链路一次受区域变换数据包延迟时间为 T_B ; 数据包从源端到目的端所经过的路径中有 N 次轨内链路、 M 次轨间链路) 数据包可能的延迟时间 $T \leq M * T_A + T_B$ 。所以,在数据包转发有多条路径可供选择时,优先选择轨内链路发送,这样可以降低数据包的传输延迟。

4 结束语

提出了一种基于移动 Agent 的卫星网动态路由算法。该算法考虑了 LEO/MEO 卫星网络的基本特性,以及卫星节点动态移动导致的链路切换等因素,采用了类似地面距离矢量的方法,以地面逻辑地址作为数据包的转发依据,并将移动 Agent 的自主性和移动性运用在路由信息的继承方面,可以说这是一个比较新

参考文献:

- [1] Min P, Halderman J A, Kazhdan M, et al. Early Experiences with a 3D Model Search Engine[C] // In Proc. of Web 3D Symposium. Isenbourg, France: [s. n.], 2003: 7-18.
- [2] Bustos B, Keim D A, Saupe D, et al. Automatic Selection and Combination of Descriptors for Effective 3D Similarity Search[C] // IEEE International Workshop on Multimedia Content - based Analysis and Retrieval. Miami, Florida, USA: [s. n.], 2004: 514-521.
- [3] Kirtler J, Hatefm, Duin R P W. On combining classifiers[J]. IEEE Trans on Pattern Analysis and Machine Intelligent, 1998, 20(3): 226-239.
- [4] 高波涌, 莫国良, 张三元. 基于混合形状特征的三维模型检索研究与实现[J]. 计算机应用研究, 2007, 24(4): 221-223.
- [5] 章志勇, 潘志庚, 李黎. 累进三维模型相似匹配算法[J]. 计算机辅助设计与图形学学报, 2005, 8(8): 1760-1765.
- [6] 郑伯川, 张征. 特征间互补性结合使用的 3D 模型检索技术[J]. 重庆邮电学院学报: 自然科学版, 2006, 18(1): 119-122.
- [7] Rui Y, Huang T S, Ortega M, et al. Relevance feedback: A power tool for interactive content - based image retrieval[J]. IEEE Transactions on Circuits and Video Technology, 1998, 8(5): 644-655.
- [8] Osada R, Funkhouser T, Chazelle B, et al. Shape distributions[J]. ACM Transaction on Graphics, 2002, 21(4): 807-832.
- [9] Kazhdan M, Funkhouser T, Rusinkiewicz S. Rotation invariant spherical harmonic representation of 3D shape descriptors [C] // Computer Graphics Proceeding, Annual Conference Series. Los Angeles: ACM SIGGRAPH, 2003: 56-164.

颖的卫星网路由算法。

参考文献:

- [1] 王汝传, 李映, 徐小龙, 等. 基于移动代理的动态路由算法的研究[J]. 计算机学报, 2005, 28(3): 420-426.
- [2] Farserotu J, Prasad R. IP/ATM 移动卫星网络[M]. 谷深远, 黄国策译. 北京: 电子工业出版社, 2003.
- [3] 王晓梅, 胡鹏, 冉崇森. 宽带卫星网络路由交换问题的思考[J]. 无线通信技术, 2003(4): 53-59.
- [4] 王汝传, 徐小龙, 黄海平. 智能 Agent 及其在信息网络中的应用[M]. 北京: 北京邮电大学出版社, 2006.
- [5] 孙屹, 孟晨. OPNET 通信仿真开发手册[M]. 北京: 国防工业出版社, 2005.
- [6] OPNET Modeler Homepage[EB/OL]. 2005. <http://www.opnet.com>.