



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

工学硕士学位论文

你的标题

(国家自然科学基金 (No.XXXXXXXX) 支持)

姓 名：你的姓名

学 号：10XXXXXXXXXX

所在院系：电子与信息工程学院

学科门类：计算机科学与技术

学科专业：计算机应用技术

指导教师：你的教授

二〇一三年五月



同濟大學
TONGJI UNIVERSITY

A dissertation submitted to
Tongji University in conformity with the requirements for
the degree of Master of Science

Your title

(Supported by the Natural Science Foundation of China for
Grant No.XXXXXXXX)

Candidate: Tongji Ren
Student Number: 10XXXXXXXXX
School/Department: School of Electrical and Informational Engineering
Discipline: Computer Science and Technology
Major: Computer Application Technology
Supervisor: Prof. XXXXXX

May, 2013

学位论文版权使用授权书

本人完全了解同济大学关于收集、保存、使用学位论文的规定，同意如下各项内容：按照学校要求提交学位论文的印刷本和电子版本；学校有权保存学位论文的印刷本和电子版，并采用影印、缩印、扫描、数字化或其它手段保存论文；学校有权提供目录检索以及提供本学位论文全文或者部分的阅览服务；学校有权按有关规定向国家有关部门或者机构送交论文的复印件和电子版；在不以盈利为目的的前提下，学校可以适当复制论文的部分或全部内容用于学术活动。

学位论文作者签名：

年 月 日

同济大学学位论文原创性声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人创作的、已公开发表或者没有公开发表的作品的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本学位论文原创性声明的法律责任由本人承担。

学位论文作者签名：

年 月 日

摘 要

论文的摘要是对论文研究内容和成果的高度概括。摘要应对论文所研究的问题及其研究目的进行描述，对研究方法和过程进行简单介绍，对研究成果和所得结论进行概括。摘要应具有独立性和自明性，其内容应包含与论文全文同等量的主要信息。使读者即使不阅读全文，通过摘要就能了解论文的总体内容和主要成果。

论文摘要的书写应力求精确、简明。切忌写成对论文书写内容进行提要的形式，尤其要避免“第1章……；第2章……；……”这种或类似的陈述方式。

本文介绍同济大学论文模板 TONGJITHESIS 的使用方法。本模板符合学校的硕士、博士论文格式要求。

本文的创新点主要有：

- 用例子来解释模板的使用方法；
- 用废话来填充无关紧要的部分；
- 一边学习摸索一边编写新代码。

关键词是为了文献标引工作、用以表示全文主要内容信息的单词或术语。关键词不超过5个，每个关键词中间用分号分隔。（模板作者注：关键词分隔符不用考虑，模板会自动处理。英文关键词同理。）

关键词：TEX, LATEX, CJK, 模板, 论文

Abstract

An abstract of a dissertation is a summary and extraction of research work and contributions. Included in an abstract should be description of research topic and research objective, brief introduction to methodology and research process, and summarization of conclusion and contributions of the research. An abstract should be characterized by independence and clarity and carry identical information with the dissertation. It should be such that the general idea and major contributions of the dissertation are conveyed without reading the dissertation.

An abstract should be concise and to the point. It is a misunderstanding to make an abstract an outline of the dissertation and words “the first chapter”, “the second chapter” and the like should be avoided in the abstract.

Key words are terms used in a dissertation for indexing, reflecting core information of the dissertation. An abstract may contain a maximum of 5 key words, with semicolons used in between to separate one another.

Key words: \TeX , \LaTeX , CJK, template, thesis

目录

第 1 章 引言	1
1.1 背景介绍	1
1.2 课题的主要工作	1
第 2 章 方法与技术综述	3
2.1 树木建模方法综述	3
2.2 基于多张图像的三维重建方法综述	3
2.3 基于点云的骨架抽取方法综述	3
第 3 章 基于图像的树木轻量化3D建模方法	4
3.1 技术路线	4
3.1.1 基于改进的PyrLK光流法的图像特征匹配	4
3.1.2 照相机的几何标定	4
3.1.3 基于体素泛洪与空间反向投影的三维重建	5
3.1.4 基于多方向迭代与步长探索的三维树木骨架抽取	5
3.1.5 基于用户交互的模型改善与轻量化	5
3.1.6 建模质量评估	5
3.2 技术路线图	5
第 4 章 算法	6
4.1 改良的PyrLK光流法	6
4.2 基于体素泛洪与空间反向投影的三维重建	6
4.3 基于多方向迭代与步长探索的三维树木骨架抽取	6
4.4 基于枝干合并的轻量化处理	6
4.5 建模质量评估算法	6
第 5 章 实验过程与分析	7
5.1 实验环境	7
5.2 实验结果与分析	7
第 6 章 总结与展望	8
6.1 总结	8
6.2 未来的工作	8
致 谢	9

参考文献	11
附录 外文资料原文	13
A.1 Single-Objective Programming	13
A.1.1 Linear Programming	14
A.1.2 Nonlinear Programming	15
A.1.3 Integer Programming	15
附录 外文资料的调研阅读报告或书面翻译	17
B.1 单目标规划	17
B.1.1 线性规划	17
B.1.2 非线性规划	18
B.1.3 整数规划	18
附录 其它附录	19
C.1 测试附录	19
个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果	21

主要符号对照表

GNU	GNU's Not Unix /'gnu:/
GFDL	GNU Free Documentation License
GPL	GNU General Public License
FSF	Free Software Foundation
SMP	对称多处理
API	应用程序编程接口
E	能量
m	质量
c	光速
P	概率
T	时间
v	速度

第1章 引言

1.1 背景介绍

在互联网飞速发展的今天，网络应用已经延伸到生活的方方面面。微博、人人网、在线购物、在线音乐等已经成为当今人们生活的一部分。面向Web的虚拟现实应用如WebVR、WebGame、WebGIS等也必然将成为虚拟现实发展的重要方向。树木作为自然界常见的事物，在各种虚拟现实的场景中出现的频率很高。然而树木形态各异，结构复杂，给3D建模带来了很大的难度。通常单棵树的数据量已经不小，对于构建一个树木的聚集场景(如森林)就更加庞大，这容易使得场景负荷变大而产生延迟。因此，树木建模的质量和效率将直接决定面向Web的虚拟现实应用的成败。

目前的树木的3D建模，主要是通过专业的3D建模工具(3DSMAX、Maya等)进行手工建模。这种建模方法对建模人员的要求较高，并且需要的时间长。而且这种方法通常最终生成的是面片信息，要表达一棵形态复杂的树木需要大量的顶点信息，导致最终生成的模型体积较大，对于需要大批树木的场景，负荷就会变得更大。

目前树木的轻量化建模，从最简单的基于分形，广告牌技术的建模到稍微复杂的基于规则的建模，都存在一个共同的问题，就是在轻量化的同时，很大程度上舍弃了模型的真实感和树木本身的形态特征。随着当今应用对真实度要求的升高，这类轻量化的建模方法已经不能完全满足需求。真实感与轻量化之间的权衡也成为了当今应用需要考虑的一个重要因素。

本课题基于以上的考虑，从基于图片对树木结构进行完整的恢复，到面向应用需要对真实感与轻量化进行人工控制，到最后模型重建质量的评估，给出了一套完整的解决方案。

1.2 课题的主要工作

本课题的主要工作有：

1. 对PyrLK光流法进行改良，并将其运用于三维重建算法中的特征点匹配步骤，使树木重建的模型更加准确和精细。

2. 提出了基于三维体素泛洪和空间反向投影的三维重建方法，以连续的体素替代传统方法不连续的点云，使得后续的骨架抽取步骤更加准确和方便。
3. 提出了基于多方向迭代和步长探索的树木骨架抽取方法。该方法区别于传统的3D瘦化骨架抽取方法，它只适用于具有分形结构的3D骨架，所以更能够得到准确的树木骨架。
4. 提出了基于用户交互对树木模型进行完善和轻量化，让最终的应用来决定其所需的树木模型，避免了主观的一味轻量化或一味追求真实感而带来的需求矛盾，将模型的成型延迟至具体应用。
5. 提出了基于图像的树木重建质量评估方法，对于建模质量和轻量化过程中真实感的下降程度给出了函数化和量化的评价依据。

第 2 章 方法与技术综述

- 2.1 树木建模方法综述
- 2.2 基于多张图像的三维重建方法综述
- 2.3 基于点云的骨架抽取方法综述

第3章 基于图像的树木轻量化3D建模方法

3.1 技术路线

本文提出了一套完整的基于图像的树木轻量化3D建模的方法。该方法首先以树木图片序列作为输入，用经过改进的方法对树木进行三维重建，使三维重建得到的模型精确度和完整性都得以提高。然后再用基于空间方向迭代和步长探索的方法抽取树木的骨架，最终再基于用户交互对骨架进行改善与轻量化。

该方法的主要步骤如下：

3.1.1 基于改进的PyrLK光流法的图像特征匹配

本文的基于图像的树木建模第一步是三维重建，而三维重建的第一步则是特征点的匹配。所谓的特征点匹配，是在多张图片中找到空间同一个点在其上的投影位置，从而为三维重建的后续步骤提供数据支持。这里的特征点，本文选择了具有平移和旋转不变性的Harris 角点，以便快速找出图片中的所有特征点。然后再结合改进的LK金字塔光流法^[1]，对找到的特征点在一定的容错区间进行匹配，最终将匹配结果存储到匹配文件以供后续使用。

3.1.2 照相机的几何标定

特征匹配完成以后，本文使用了美国华盛顿大学西雅图分校Changchang Wu的可视化运动恢复工具VisualSFM^[2] 来完成照相机的几何标定。VisualSFM实现了GPU加速^[3] 和多核的捆集调整(Multicore Bundle Adjustment)^[4]，使得相机参数的恢复更加快速和精确。在这个步骤本文用经过改进的PyrLK光流法的匹配结果替换VisualSFM中的 SIFT特征点匹配文件，再一次地改进了相机参数恢复的准确度和可信度。

3.1.3 基于体素泛洪与空间反向投影的三维重建

3.1.4 基于多方向迭代与步长探索的三维树木骨架抽取

3.1.5 基于用户交互的模型改善与轻量化

3.1.6 建模质量评估

3.2 技术路线图

第 4 章 算法

- 4.1 改良的PyrLK光流法
- 4.2 基于体素泛洪与空间反向投影的三维重建
- 4.3 基于多方向迭代与步长探索的三维树木骨架抽取
- 4.4 基于枝干合并的轻量化处理
- 4.5 建模质量评估算法

第5章 实验过程与分析

5.1 实验环境

5.2 实验结果与分析

第 6 章 总结与展望

6.1 总结

6.2 未来的工作

致 谢

衷心感谢导师 xxx 教授和物理系 xxx 副教授对本人的精心指导。他们的言传身教将使我终生受益。

在美国麻省理工学院化学系进行九个月的合作研究期间，承蒙 xxx 教授热心指导与帮助，不胜感激。感谢 xx 实验室主任 xx 教授，以及实验室全体老师和同学们的热情帮助和支持！本课题承蒙国家自然科学基金资助，特此致谢。

感谢 TONGJITHESIS，它的存在让我的论文写作轻松自在了许多，让我的论文格式规整漂亮了许多。

参考文献

- [1] Lucas B D, Kanade T. An Iterative Image Registration Technique with an Application to Stereo Vision. 1981. 674–679.
- [2] C W. VisualSFM. Technical report, 2011. <http://homes.cs.washington.edu/~ccwu/vsfm/>.
- [3] C W. SiftGPU. Technical report, 2007. <http://cs.unc.edu/~ccwu/siftgpu>.
- [4] Furukawa Y, Ponce J. Accurate Camera Calibration from Multi-View Stereo and Bundle Adjustment. Int. J. Comput. Vision, 2009, 84(3): 257–268.

附录 外文资料原文

As one of the most widely used techniques in operations research, *mathematical programming* is defined as a means of maximizing a quantity known as *objective function*, subject to a set of constraints represented by equations and inequalities. Some known subtopics of mathematical programming are linear programming, nonlinear programming, multiobjective programming, goal programming, dynamic programming, and multilevel programming^[1].

It is impossible to cover in a single chapter every concept of mathematical programming. This chapter introduces only the basic concepts and techniques of mathematical programming such that readers gain an understanding of them throughout the book^[2,3].

A.1 Single-Objective Programming

The general form of single-objective programming (SOP) is written as follows,

$$\left\{ \begin{array}{l} \max f(x) \\ \text{subject to:} \\ g_j(x) \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \end{array} \right. \quad (123)$$

which maximizes a real-valued function f of $x = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ subject to a set of constraints.

One of the outstanding contributions to mathematical programming was known as the Kuhn-Tucker conditions^{A.1}. In order to introduce them, let us give some definitions. An inequality constraint $g_j(x) \leq 0$ is said to be active at a point x^* if $g_j(x^*) = 0$. A point x^* satisfying $g_j(x^*) \leq 0$ is said to be regular if the gradient vectors $\nabla g_j(x)$ of all active constraints are linearly independent.

Let x^* be a regular point of the constraints of SOP and assume that all the functions $f(x)$ and $g_j(x)$, $j = 1, 2, \dots, p$ are differentiable. If x^* is a local optimal solution, then there exist Lagrange multipliers λ_j , $j = 1, 2, \dots, p$ such that the following Kuhn-Tucker

conditions hold,

$$\begin{cases} \nabla f(x^*) - \sum_{j=1}^p \lambda_j \nabla g_j(x^*) = 0 \\ \lambda_j g_j(x^*) = 0, \quad j = 1, 2, \dots, p \\ \lambda_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, p. \end{cases} \quad (\text{A.1})$$

If all the functions $f(x)$ and $g_j(x), j = 1, 2, \dots, p$ are convex and differentiable, and the point x^* satisfies the Kuhn-Tucker conditions (A.1), then it has been proved that the point x^* is a global optimal solution of SOP.

A.1.1 Linear Programming

If the functions $f(x), g_j(x), j = 1, 2, \dots, p$ are all linear, then SOP is called a *linear programming*.

The feasible set of linear is always convex. A point x is called an extreme point of convex set S if $x \in S$ and x cannot be expressed as a convex combination of two points in S . It has been shown that the optimal solution to linear programming corresponds to an extreme point of its feasible set provided that the feasible set S is bounded. This fact is the basis of the *simplex algorithm* which was developed by Dantzig as a very efficient method for solving linear programming.

Table 1 This is an example for manually numbered table, which would not appear in the list of tables

Network Topology		# of nodes	# of clients			Server			
GT-ITM	Waxman Transit-Stub	600	2%	10%	50%	Max. Connectivity			
	Inet-2.1	6000							
Xue	Rui	Ni	TONGJI THESIS						
	ABCDEF								

Roughly speaking, the simplex algorithm examines only the extreme points of the feasible set, rather than all feasible points. At first, the simplex algorithm selects an extreme point as the initial point. The successive extreme point is selected so as to improve the objective function value. The procedure is repeated until no improvement in objective function value can be made. The last extreme point is the optimal solution.

A.1.2 Nonlinear Programming

If at least one of the functions $f(x), g_j(x), j = 1, 2, \dots, p$ is nonlinear, then SOP is called a *nonlinear programming*.

A large number of classical optimization methods have been developed to treat special-structural nonlinear programming based on the mathematical theory concerned with analyzing the structure of problems.



Figure 1 This is an example for manually numbered figure, which would not appear in the list of figures

Now we consider a nonlinear programming which is confronted solely with maximizing a real-valued function with domain \Re^n . Whether derivatives are available or not, the usual strategy is first to select a point in \Re^n which is thought to be the most likely place where the maximum exists. If there is no information available on which to base such a selection, a point is chosen at random. From this first point an attempt is made to construct a sequence of points, each of which yields an improved objective function value over its predecessor. The next point to be added to the sequence is chosen by analyzing the behavior of the function at the previous points. This construction continues until some termination criterion is met. Methods based upon this strategy are called *ascent methods*, which can be classified as *direct methods*, *gradient methods*, and *Hessian methods* according to the information about the behavior of objective function f . Direct methods require only that the function can be evaluated at each point. Gradient methods require the evaluation of first derivatives of f . Hessian methods require the evaluation of second derivatives. In fact, there is no superior method for all problems. The efficiency of a method is very much dependent upon the objective function.

A.1.3 Integer Programming

Integer programming is a special mathematical programming in which all of the variables are assumed to be only integer values. When there are not only integer vari-

ables but also conventional continuous variables, we call it *mixed integer programming*. If all the variables are assumed either 0 or 1, then the problem is termed a *zero-one programming*. Although integer programming can be solved by an *exhaustive enumeration* theoretically, it is impractical to solve realistically sized integer programming problems. The most successful algorithm so far found to solve integer programming is called the *branch-and-bound enumeration* developed by Balas (1965) and Dakin (1965). The other technique to integer programming is the *cutting plane method* developed by Gomory (1959).

Uncertain Programming (BaoDing Liu, 2006.2)

References

NOTE: these references are only for demonstration, they are not real citations in the original text.

- [1] Donald E. Knuth. The \TeX book. Addison-Wesley, 1984. ISBN: 0-201-13448-9
- [2] Paul W. Abrahams, Karl Berry and Kathryn A. Hargreaves. \TeX for the Impatient. Addison-Wesley, 1990. ISBN: 0-201-51375-7
- [3] David Salomon. The advanced \TeX book. New York : Springer, 1995. ISBN:0-387-94556-3

附录 外文资料的调研阅读报告或书面翻译

B.1 单目标规划

北冥有鱼，其名为鲲。鲲之大，不知其几千里也。化而为鸟，其名为鹏。鹏之背，不知其几千里也。怒而飞，其翼若垂天之云。是鸟也，海运则将徙于南冥。南冥者，天池也。

$$p(y|\mathbf{x}) = \frac{p(\mathbf{x}, y)}{p(\mathbf{x})} = \frac{p(\mathbf{x}|y)p(y)}{p(\mathbf{x})} \quad (123)$$

吾生也有涯，而知也无涯。以有涯随无涯，殆已！已而为知者，殆而已矣！为善无近名，为恶无近刑，缘督以为经，可以保身，可以全生，可以养亲，可以尽年。

B.1.1 线性规划

庖丁为文惠君解牛，手之所触，肩之所倚，足之所履，膝之所倚，砉然响然，奏刀騞然，莫不中音，合于桑林之舞，乃中经首之会。

表 1 这是手动编号但不出现在索引中的一个表格例子

Network Topology		# of nodes	# of clients			Server			
GT-ITM	Waxman	600	2%	10%	50%	Max. Connectivity			
	Transit-Stub								
Inet-2.1		6000				TONGJI THESIS			
Xue	Rui	Ni	TONGJI THESIS						
		ABCDEF							

文惠君曰：“嘻，善哉！技盖至此乎？”庖丁释刀对曰：“臣之所好者道也，进乎技矣。始臣之解牛之时，所见无非全牛者；三年之后，未尝见全牛也；方今之时，臣以神遇而不以目视，官知止而神欲行。依乎天理，批大郤，导大窾，因其固然。技经肯綮之未尝，而况大孤乎！良庖岁更刀，割也；族庖月更刀，折也；今臣之刀十九年矣，所解数千牛矣，而刀刃若新发于硎。彼节者有间而刀刃者无厚，以无厚入有间，恢恢乎其于游刃必有余地矣。是以十九年而刀刃若新发于硎。虽然，每至于族，吾见其难为，怵然为戒，视为止，行为迟，动刀甚微，謋然已解，如土委地。提刀而立，为之而四顾，为之踌躇满志，善刀而藏之。”

文惠君曰：“善哉！吾闻庖丁之言，得养生焉。”

B.1.2 非线性规划

孔子与柳下季为友，柳下季之弟名曰盜跖。盜跖从卒九千人，横行天下，侵暴诸侯。穴室枢户，驱人牛马，取人妇女。贪得忘亲，不顾父母兄弟，不祭先祖。所过之邑，大国守城，小国入保，万民苦之。孔子谓柳下季曰：“夫为人父者，必能诏其子；为人兄者，必能教其弟。若父不能诏其子，兄不能教其弟，则无贵父子兄弟之亲矣。今先生，世之才士也，弟为盜跖，为天下害，而弗能教也，丘窃为先生羞之。丘请为先生往说之。”



图1 这是手动编号但不出现索引中的图片的例子

柳下季曰：“先生言为人父者必能诏其子，为人兄者必能教其弟，若子不听父之诏，弟不受兄之教，虽今先生之辩，将奈之何哉？且跖之为人也，心如涌泉，意如飘风，强足以距敌，辩足以饰非。顺其心则喜，逆其心则怒，易辱人以言。先生必无往。”

孔子不听，颜回为驭，子贡为右，往见盜跖。

B.1.3 整数规划

盜跖乃方休卒徒大山之阳，脍人肝而餔之。孔子下车而前，见谒者曰：“鲁人孔丘，闻将军高义，敬再拜谒者。”谒者入通。盜跖闻之大怒，目如明星，发上指冠，曰：“此夫鲁国之巧伪人孔丘非邪？为我告之：尔作言造语，妄称文、武，冠枝木之冠，带死牛之胁，多辞缪说，不耕而食，不织而衣，摇唇鼓舌，擅生是非，以迷天下之主，使天下学士不反其本，妄作孝弟，而侥幸于封侯富贵者也。子之罪大极重，疾走归！不然，我将以子肝益昼餔之膳。”

附录 其它附录

其它附录的内容可以放到这里，当然如果你愿意，可以把这部分也放到独立的文件中，然后将其\input 到主文件中。

C.1 测试附录

个人简历、在学期间发表的学术论文与研究成果

个人简历

xxxx 年 xx 月 xx 日出生于 xx 省 xx 县。

xxxx 年 9 月考入 xx 大学 xx 系 xx 专业，xxxx 年 7 月本科毕业并获得 xx 学士学位。

xxxx 年 9 月免试进入 xx 大学 xx 系攻读 xx 学位至今。

发表的学术论文

- [1] Yang Y, Ren T L, Zhang L T, et al. Miniature microphone with silicon-based ferroelectric thin films. *Integrated Ferroelectrics*, 2003, 52:229-235. (SCI 收录, 检索号:758FZ.)
- [2] 杨轶, 张宁欣, 任天令, 等. 硅基铁电微声学器件中薄膜残余应力的研究. *中国机械工程*, 2005, 16(14):1289-1291. (EI 收录, 检索号:0534931 2907.)
- [3] 杨轶, 张宁欣, 任天令, 等. 集成铁电器件中的关键工艺研究. *仪器仪表学报*, 2003, 24(S4):192-193. (EI 源刊.)
- [4] Yang Y, Ren T L, Zhu Y P, et al. PMUTs for handwriting recognition. In press. (已被 *Integrated Ferroelectrics* 录用. SCI 源刊.)
- [5] Wu X M, Yang Y, Cai J, et al. Measurements of ferroelectric MEMS microphones. *Integrated Ferroelectrics*, 2005, 69:417-429. (SCI 收录, 检索号 :896KM.)
- [6] 贾泽, 杨轶, 陈兢, 等. 用于压电和电容微麦克风的体硅腐蚀相关研究. *压电与声光*, 2006, 28(1):117-119. (EI 收录, 检索号:06129773469.)
- [7] 伍晓明, 杨轶, 张宁欣, 等. 基于MEMS技术的集成铁电硅微麦克风. *中国集成电路*, 2003, 53:59-61.

研究成果

- [1] 任天令, 杨轶, 朱一平, 等. 硅基铁电微声学传感器畴极化区域控制和电极连接的方法: 中国, CN1602118A. (中国专利公开号.)

- [2] Ren T L, Yang Y, Zhu Y P, et al. Piezoelectric micro acoustic sensor based on ferroelectric materials: USA, No.11/215, 102. (美国发明专利申请号.)