

摘 要

das

关键词：无人驾驶，激光雷达，障碍物检测，深度学习，多传感器融合

ABSTRACT

With the widespread engineering applications ranging from broadband signals and non-linear systems, time-domain integral equations (TDIE) methods for analyzing transient electromagnetic scattering problems are becoming widely used nowadays. TDIE-based marching-on-in-time (MOT) scheme and its fast algorithm are researched in this dissertation, including the numerical techniques of MOT scheme, late-time stability of MOT scheme, and two-level PWTD-enhanced MOT scheme. The contents are divided into four parts shown as follows.

.....

Keywords: time-domain electromagnetic scattering, time-domain integral equation (TDIE), marching-on in-time (MOT) scheme, late-time instability, plane wave time-domain (PWTD) algorithm

目 录

第1章 绪论	1
1.1 研究工作的背景与意义	1
1.2 无人车三维障碍物检测的国内外研究历史与现状	1
1.3 本文的主要贡献与创新	1
1.4 本论文的结构安排	1
第2章 激光雷达曲柄机构的设计与多帧融合	2
2.1 曲柄机构的Gazebo仿真	2
2.2 曲柄机构的机械结构设计	2
2.3 激光雷达的多帧融合	2
2.4 本章小结	2
第3章 基于点云的三维障碍物检测算法研究	3
3.1 基于点云的聚类算法	3
3.2 基于深度学习的端到端三维物体识别方法	3
3.3 本章小结	3
第4章 基于相机与激光雷达配准的三维障碍物检测研究	4
4.1 相机与激光雷达标定	4
4.2 基于yolo的视觉、激光结合的三维障碍物检测	4
4.3 本章小结	4
第5章 全文总结与展望	5
5.1 全文总结	5
5.2 后续工作展望	5
参考文献	6
致 谢	7
外文资料原文	8
外文资料译文	10

缩略词表

第1章 绪论

1.1 研究工作的背景与意义

近几年来，自动驾驶技术取得了长足的进步，而其中关键的技术就是多传感器的环境感知与融合。在这些传感器中，激光雷达（Lidar）凭借其准确、稳定的特点，在自动驾驶中具有举足轻重的地位，被称之为无人驾驶汽车的眼睛。然而，低线数激光雷达

（例如：FEKO、Ansys 等）的核心算法。由文献[6, 7, 9]可知……

……

1.2 无人车三维障碍物检测的国内外研究历史与现状

时域积分方程方法的研究始于上世纪60年代，C.L.Bennet 等学者针对导体目标的瞬态电磁散射问题提出了求解时域积分方程的时间步进（marching-on in-time, MOT）算法^[8]。……

……

1.3 本文的主要贡献与创新

本论文以时域积分方程时间步进算法的数值实现技术、后时稳定性问题以及两层平面波加速算法为重点研究内容，主要创新点与贡献如下：

……

1.4 本论文的结构安排

本文的章节结构安排如下：

……

第2章 激光雷达曲柄机构的设计与多帧融合

时域积分方程（TDIE）方法作为分析瞬态电磁波动现象最主要的数值算法之一，常用于求解均匀散射体和表面散射体的瞬态电磁散射问题。

2.1 曲柄机构的Gazebo仿真

2.2 曲柄机构的机械结构设计

2.3 激光雷达的多帧融合

2.4 本章小结

第3章 基于点云的三维障碍物检测算法研究

3.1 基于点云的聚类算法

由于时域混合场积分方程是时域电场积分方程与时域磁场积分方程的线性组合，因此时域混合场积分方程时间步进算法的阻抗矩阵特征与时域电场积分方程时间步进算法的阻抗矩阵特征相同。

3.2 基于深度学习的端到端三维物体识别方法

3.3 本章小结

第4章 基于相机与激光雷达配准的三维障碍物检测研究

4.1 相机与激光雷达标定

本文以时域积分方程方法为研究背景，主要对求解时域积分方程的时间步进算法以及两层平面波快速算法进行了研究。

4.2 基于yolo的视觉、激光结合的三维障碍物检测

时域积分方程方法的研究近几年发展迅速，在本文研究工作的基础上，仍有以下方向值得进一步研究：

4.3 本章小结

第5章 全文总结与展望

5.1 全文总结

本文以时域积分方程方法为研究背景，主要对求解时域积分方程的时间步进算法以及两层平面波快速算法进行了研究。

.....

5.2 后续工作展望

时域积分方程方法的研究近几年发展迅速，在本文研究工作的基础上，仍有以下方向值得进一步研究：

.....

参考文献

- [1] 王浩刚, 聂在平. 三维矢量散射积分方程中奇异性分析[J]. 电子学报, 1999, 27(12):68–71
- [2] X. F. Liu, B. Z. Wang, W. Shao. A marching-on-in-order scheme for exact attenuation constant extraction of lossy transmission lines[C]. China-Japan Joint Microwave Conference Proceedings, Chengdu, 2006, 527–529
- [3] 竺可桢. 物理学[M]. 北京: 科学出版社, 1973, 56–60
- [4] 陈念永. 毫米波细胞生物效应及抗肿瘤研究[D]. 成都: 电子科技大学, 2001, 50–60
- [5] 顾春. 牢牢把握稳中求进的总基调[N]. 人民日报, 2012年3月31日
- [6] 冯西桥. 核反应堆压力容器的LBB分析[R]. 北京: 清华大学核能技术设计研究院, 1997年6月25日
- [7] 肖珍新. 一种新型排渣阀调节降温装置[P]. 中国, 实用新型专利, ZL201120085830.0, 2012年4月25日
- [8] 中华人民共和国国家技术监督局. GB3100-3102. 中华人民共和国国家标准—量与单位[S]. 北京: 中国标准出版社, 1994年11月1日
- [9] M. Clerc. Discrete particle swarm optimization: a fuzzy combinatorial box[EB/OL]. http://clere.maurice.free.fr/ps0/Fuzzy_Discrere_PS0/Fuzzy_DPS0.htm, July 16, 2010

致 谢

在攻读博士学位期间，首先衷心感谢我的导师 XXX 教授，……
……

The Name of the Game

1.1 xxx

1.1.1 xxx

1.1.1.1 xxxx

1.2 xxx

1.2.1 xxx

1.2.1.1 xxxx

English words like ‘technology’ stem from a Greek root beginning with the letters $\tau\epsilon\chi\ldots$; and this same Greek word means *art* as well as technology. Hence the name \TeX , which is an uppercase form of $\tau\epsilon\chi$. \TeX (actually \TeX), meaning of $\tau\epsilon\chi$

Insiders pronounce the χ of \TeX as a Greek chi, not as an ‘x’, so that \TeX rhymes with the word blecchhh. It’s the ‘ch’ sound in Scottish words like *loch* or German words like *ach*; it’s a Spanish ‘j’ and a Russian ‘kh’. When you say it correctly to your computer, the terminal may become slightly moist.

The purpose of this pronunciation exercise is to remind you that \TeX is primarily concerned with high-quality technical manuscripts: Its emphasis is on art and technology, as in the underlying Greek word. If you merely want to produce a passably good document—something acceptable and basically readable but not really beautiful—a simpler system will usually suffice. With \TeX the goal is to produce the *finest* quality; this requires more attention to detail, but you will not find it much harder to go the extra distance, and you’ll be able to take special pride in the finished product.

On the other hand, it’s important to notice another thing about \TeX ’s name: The ‘E’ is out of kilter. This logo displaced ‘E’ is a reminder that \TeX is about typesetting, and it distinguishes \TeX from other system names. In fact, \TeX (pronounced *tecks*) is the admirable *Text EXecutive* processor developed by Honeywell Information Systems.

Since these two system names are Bemer, Robert, see TEX, ASCII pronounced quite differently, they should also be spelled differently. The correct way to refer to T_EX in a computer file, or when using some other medium that doesn't allow lowering of the 'E', is to type '—TeX—'. Then there will be no confusion with similar names, and people will be primed to pronounce everything properly.

此名有诗意

1.1 xxx

1.1.1 xxx

1.1.1.1 xxxx

1.2 xxx

1.2.1 xxx

1.2.1.1 xxxx

英语单词“technology”来源于以字母 $\tau\epsilon\chi$...开头的希腊词根；并且这个希腊单词除了 technology 的意思外也有 art 的意思。因此，名称 TEX 是 $\tau\epsilon\chi$ 的大写格式。

在发音时， $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 的 χ 的发音与希腊的 chi 一样，而不是“x”，所以 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 与 blecchhh 押韵。“ch”听起来象苏格兰单词中的 loch 或者德语单词中的 ach；它在西班牙语中是“j”，在俄语中是“kh”。当你对着计算机正确读出时，终端屏幕上可能有点雾。

这个发音练习是提醒你， $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 主要处理的是高质量的专业书稿：它的重点在艺术和专业方面，就象希腊单词的含义一样。如果你仅仅想得到一个过得去——可读下去但不那么漂亮——的文书，那么简单的系统一般就够用了。使用 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 的目的是得到最好的质量；这就要在细节上花功夫，但是你不会认为它难到哪里去，并且你会为所完成的作品感到特别骄傲。

另一方面重要的是要注意到与 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 名称有关的另一件事：“E”是错位的。这个偏移“E”的标识提醒人们， $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 与排版有关，并且把 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 从其它系统的名称区别开来。实际上，TEX(读音为 tecks)是 Honeywell Information Systems 的极好的 Text EXecutive 处理器。因为这两个系统的名称读音差别很大，所以它们的拼写也不同。在计算机中表明 $\text{T}_{\text{E}}\text{X}$ 文件的正确方法，或者当所用的方式无法降低“E”时，就要写作“TeX”。这样，就与类似的名称不会产生混淆，并且为人们可以正确发音提供了条件。