

电子科技大学

UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA

硕士学位论文

MASTER THESIS



论文题目 基于穿戴式 IMU 的老年人运动监测系统研究

学科专业 电子与通信工程

学 号 201952011735

作者姓名 陈泳吉

指导老师 周军 教授

分类号 _____ 密级 _____

UDC 注 1 _____

学 位 论 文

基于穿戴式 IMU 的老年人运动监测系统研究

(题名和副题名)

陈泳吉

(作者姓名)

指导老师

周军 教授

电子科技大学 成都

(姓名、职称、单位名称)

申请学位级别 硕士 学科专业 电子与通信工程

提交论文日期 _____ 论文答辩日期 _____

学位授予单位和日期 电子科技大学 年 月

答辩委员会主席 _____

评阅人 _____

注 1: 注明《国际十进分类法 UDC》的类号。

The Time Marching Scheme of Time Domain Integral Equation and Corresponding Fast ????????????

**A Master Thesis Submitted to
University of Electronic Science and Technology of China**

Discipline: Radio Physics

Author: Chen Yongji

Supervisor: Dr. Jun Zhou

School: School of Physical Electronics

摘 要

为了适应日益增长的宽带信号和非线性系统的工程应用，用于分析瞬态电磁散射问题的时域积分方程方法研究日趋活跃。本文以时域积分方程时间步进算法及其快速算法为研究课题，重点研究了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算法加速计算等，主要研究内容分为四部分。

.....

关键词：时域电磁散射，时域积分方程，时间步进算法，后时不稳定性，时域平面波算法

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

第一章 绪 论	1
1.1 研究工作的背景与意义	1
1.2 时域积分方程方法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
第二章 运动监测相关原理	2
2.1 人类活动识别原理	2
2.1.1 人类活动分类	2
2.1.2 常用算法	2
2.2 跌倒检测原理	2
2.2.1 跌倒过程	2
2.2.2 跌倒检测评估方法	2
2.2.3 常用算法	2
2.3 数据集	2
2.4 本章小结	2
第三章 基于穿戴式 IMU 的运动监测算法设计	3
3.1 基于卷积神经网络的人类行为分类算法	3
3.2 步态分析算法	3
3.3 跌倒检测算法	3
3.4 本章小结	3
第四章 时域积分方程数值方法研究	4
4.1 时域积分方程时间步进算法的阻抗元素精确计算	4
4.2 时域积分方程时间步进算法阻抗矩阵的存储	4
4.2.1 时域积分方程时间步进算法产生的阻抗矩阵的特征	4
4.2.2 数值算例与分析	4
4.3 时域积分方程时间步进算法矩阵方程的求解	5
4.4 本章小结	5
第五章 全文总结与展望	6
5.1 全文总结	6
5.2 后续工作展望	6

致 谢	7
附录 A 中心极限定理的证明	8
A.1 高斯分布和伯努利实验	8
外文资料原文	9
外文资料译文	10

第一章 绪 论

1.1 研究工作的背景与意义

计算电磁学方法^[1,2,3,4,5]从时、频域角度划分可以分为频域方法与时域方法两大类。频域方法的研究开展较早，目前应用广泛的包括：矩量法（MOM）^[2,3]及其快速算法多层快速多极子（MLFMA）^[3]方法、有限元（FEM）^[2,3]方法、自适应积分（AIM）^[3]方法等，这些方法是目前计算电磁学商用软件^①（例如：FEKO、Ansys 等）的核心算法。由文献^[1,2,3]可知

1.2 时域积分方程方法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。

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：

① 脚注序号“①，……，⑨”的字体是“正文”，不是“上标”，序号与脚注内容文字之间空 1 个半角字符，脚注的段落格式为：单倍行距，段前空 0 磅，段后空 0 磅，悬挂缩进 1.5 字符；中文用宋体，字号为小五号，英文和数字用 Times New Roman 字体，字号为 9 磅；中英文混排时，所有标点符号（例如逗号“，”、括号“○”等）一律使用中文输入状态下的标点符号，但小数点采用英文状态下的样式“.”。

第二章 运动监测相关原理

运动监测技术就是通过视觉或者传感器的数据，来估计用户的运动情况。在前文中，我们已经介绍 HAR 可以分为两类：基于视觉的 HAR 和基于穿戴式传感器的 HAR。基于视觉的 HAR 有许多局限性，例如摄像头等可视化工具通常是被固定的，更适合在室内使用，对于贯穿室内外以及不同地点的行为存在诸多限制，同时受光照、拍摄角度以及环境噪声的影响，难以提高分类精度。与基于视觉的 HAR 相比，基于传感器的可穿戴 HAR 不受上述噪声的影响，可以实现更高的精度。本章主要介绍基于穿戴式 IMU 的运动监测原理。

2.1 人类活动识别原理

2.1.1 人类活动分类

2.1.2 常用算法

2.1.2.1 卷积神经网络

2.2 跌倒检测原理

2.2.1 跌倒过程

2.2.2 跌倒检测评估方法

2.2.3 常用算法

2.2.3.1 支持向量机算法

2.3 数据集

2.4 本章小结

第三章 基于穿戴式 IMU 的运动监测算法设计

- 3.1 基于卷积神经网络的人类行为分类算法
- 3.2 步态分析算法
- 3.3 跌倒检测算法
- 3.4 本章小结

第四章 时域积分方程数值方法研究

4.1 时域积分方程时间步进算法的阻抗元素精确计算

时域积分方程时间步进算法的阻抗元素直接影响算法的后时稳定性，因此阻抗元素的计算是算法的关键之一，采用精度高效的方法计算时域阻抗元素是时域积分方程时间步进算法研究的重点之一。

4.2 时域积分方程时间步进算法阻抗矩阵的存储

时域阻抗元素的存储技术也是时间步进算法并行化的关键技术之一，采用合适的阻抗元素存储方式可以很大的提高并行时间步进算法的计算效率。

4.2.1 时域积分方程时间步进算法产生的阻抗矩阵的特征

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。

4.2.2 数值算例与分析

如表4-1所示给出了时间步长分别取 0.4ns、0.5ns、0.6ns 时的三种存储方式的存储量大小。

表 4-1 计算 $2m \times 2m$ 理想导体平板时域感应电流采用的三种存储方式的存储量比较。

时间步长	存储方式		
	非压缩存储方式	完全压缩存储方式	基权函数压缩存储方式
0.4ns	5.59 MB	6.78 MB	6.78 MB
0.5ns	10.17 MB	5.58 MB	5.58 MB
0.6ns	8.38MB	4.98 MB	4.98 MB

如图4-1(a)所示给出了时间步长选取为 0.5ns 时采用三种不同存储方式计算的平板中心处 x 方向的感应电流值与 IDFT 方法计算结果的比较，……。如图4-1(b)所示给出了存储方式为基权函数压缩存储方式，时间步长分别取 0.4ns、0.5ns、0.6ns 时平板中心处 x 方向的感应电流计算结果，从图中可以看出不同时间步长的计算结果基本相同。

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

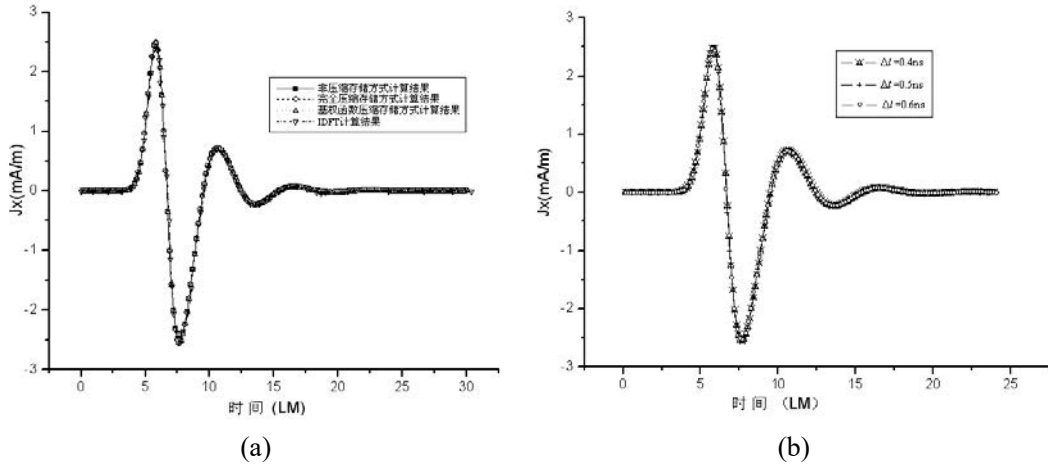


图 4-1 $2m \times 2m$ 的理想导体平板中心处感应电流 x 分量随时间的变化关系。(a) 不同存储方式的计算结果与 IDFT 方法的结果比较；(b) 不同时间步长的计算结果比较

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。

4.3 时域积分方程时间步进算法矩阵方程的求解

定理 4.1 如果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。

证明：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。 ■

推论 4.2 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。

引理 4.3 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。

4.4 本章小结

本章首先研究了时域积分方程时间步进算法的阻抗元素精确计算技术，分别采用 DUFFY 变换法与卷积积分精度计算法计算时域阻抗元素，通过算例验证了计算方法的高精度。

第五章 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：

致 谢

在攻读博士学位期间，首先衷心感谢我的导师 XXX 教授

附录 A 中心极限定理的证明

A.1 高斯分布和伯努利实验

外文资料原文

1 The OFDM Model of Multiple Carrier Waves

外文资料译文

1 基于多载波索引键控的正交频分多路复用系统模型