

## 海底电缆路径规划的方法和系统

### 信息和通信

计算机/人工智能/数据处理和信息技术

数字广播、电信和光电

电力和功率电子

### 机会

海底光缆是全球互联网的关键动脉，承载着99%以上的国际语音和数据流量。这一庞大的网络代表着巨大的金融投资，每公里成本高达约2.5万美元。尽管至关重要，这些电缆容易受到各种自然和人为灾害的影响，包括地震、火山喷发、渔业活动和锚泊，每年报告故障超过100起。此类损坏或断裂会造成严重的社会经济后果，特别是对金融等行业，即使短暂的通信中断也会导致重大损失。当前设计可靠且经济高效的海底电缆路径的行业标准严重依赖人工方法和专家知识。该过程涉及使用各种数据源和工具生成候选路径，然后进行可行性检查和详细比较。然而，这种方法主观性强、耗时费力，并且由于缺乏可扩展性和精确性，通常无法生成近乎最优的路径。对于日益普遍的超过1万公里的超长距离电缆，它无法有效平衡成本与风险因素。目标区域的巨大规模和高精度规划所涉及的海量数据集使这一挑战更加严峻，使得传统方法在计算上不可行或极其缓慢。

### 技术

本专利通过引入一种用于高精度、超长距离海底电缆路径规划的自适应并行快速行进法 (APFMM) 来解决上述问题。核心创新在于将自适应区域分解和多分辨率分析 (MRA) 与快速行进法 (FMM) 新颖地结合。FMM是一种用于求解Eikonal方程的数值技术，该方程可以通过考虑包含电缆长度、地震风险、海床坡度和人类活动等因素的综合生命周期成本函数，来找到两点之间的最小成本路径。然而，标准FMM的顺序性给大规模问题带来了计算瓶颈。专利的APFMM通过动态分解目标地理区域来克服这一点。它首先沿着连接起点和终点的方向将区域分解为两个初始子域，并并行执行FMM以获得初始路径。关键在于，它随后自适应地细化分解：识别包含初始路径的区域，提高该区域内的数据分辨率，并将其分解为多个与路径方向对齐的后续子域。FMM在所有子域中并行执行。此过程迭代进行，逐步增加子域数量以及在不断演化的最优路径附近关键区域的分辨率，同时在无关区域保持较低分辨率。这种自适应策略确保了计算线程间的负载均衡，最小化了子域间的通信开销和“回滚”操作，并将计算资源集中在最需要的地方。其结果是产生了一种高度可扩展的算法，能够高效处理超过1.4万公里路径的数据集，实现自动化、高精度的路径规划，从而优化总生命周期成本。

### 优势

- 解决了顺序FMM在超长距离 (≥1万公里) 大规模、高精度路径规划中的计算限制。

#### 备注

IDF:1584

#### IP状态

已申请专利



技术成熟度等级 (TRL) ?

3

发明人

Prof. ZUKERMAN Moshe

王昕宇博士

王增福博士

查询: [kto@cityu.edu.hk](mailto:kto@cityu.edu.hk)

Proof  
Concept

Build Value

- 实现了显著的加速，据报道，与通用并行FMM方法相比，运行时间缩短了81%以上。
- 实现全自动路径规划，减少对主观人工专家方法的依赖。
- 通过系统地最小化综合生命周期成本函数，提高路径精度和最优性。
- 通过平衡线程负载并最小化子域间通信的自适应区域分解，提升计算效率。
- 利用多分辨率分析动态地将计算资源集中在关键路径区域，避免不必要的处理。
- 为长距离电缆路由规划提供可扩展且广泛适用的解决方案。

## 应用

- 海底光纤通信电缆路径的规划与优化。
- 其他水下基础设施（如电力电缆或管道）的路径规划。
- 陆地基础设施（如输电线路、天然气管道和公路/铁路网络）的路线规划。
- 需要在广阔地理区域进行优化的大规模数据处理和复杂路径规划领域。
- 集成到商业电缆规划软件工具中，以增强自动化和决策支持。

[https://www.ee.cityu.edu.hk/~zukerman/cable\\_system\\_optimization.htm](https://www.ee.cityu.edu.hk/~zukerman/cable_system_optimization.htm)

视频: [https://www.ee.cityu.edu.hk/~zukerman/Video\\_Demonstration.mp4](https://www.ee.cityu.edu.hk/~zukerman/Video_Demonstration.mp4)

