

锚节点水面部署的三维水下传感网定位算法

王 恽, 田 臣, 黄本雄

(华中科技大学 电子与信息工程系, 湖北 武汉 430074)

摘 要: 受应用条件制约, 水下三维传感网的锚节点很多时候只能水面部署, 这对于多跳定位算法而言是一种挑战. 由此提出一种从水面向下逐级迭代求精的定位策略, 防止了下级的定位误差向上扩散, 并利用水下节点易测的深度信息对定位中的多边迭代进行约束, 进一步补偿锚节点部署不均带来的各向异性.

关键词: 水下无线传感网; 定位; 锚节点水面部署

中图分类号: TP31

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2010)10-0065-04

Localization Algorithm for 3-D Underwater Wireless Sensor Networks with Surface-deployed Anchors

WANG Yi, TIAN Chen, HUANG Ben-xiong

(Department of Electronics and Information Engineering, Huazhong University of Science & Technology, Wuhan 4300074, China)

Abstract: Due to technical limitations, mostly the anchor nodes can only be deployed at the ocean surface in underwater wireless sensor networks. This is a challenge to multi hop underwater localization. In this paper, we proposed a top-down layer by layer iterated scheme, and used depth information, which is easy accessed in underwater environment, to remedy the anisotropy caused by surfaced anchors.

Key words: underwater wireless sensor networks; localization; surface-deployed anchors

1 引言

与陆上无线传感网相同, 水下无线传感网的节点位置信息同样是数据采集必不可少的^[1-4]. 例如在水生环境监测和航道监控等应用中, 获取的数据都必须和位置信息相关联. 现有一些定位方案适于小规模水下网络, 要求节点和锚节点(位置已知, 如带 GPS 的浮标)之间可直接通信^[5-8]. 而实际情况一般是: 监测网络覆盖的海域广阔, 会有数百或数千传感器节点部署在水下广泛的三维区域中; 受能量和通信能力限制, 锚节点无法覆盖整个空间, 只能占节点总数的一小部分, 大部分节点不能和足够多的锚节点直接通信. 因此水下传感网要寻求一种多跳的定位方案让普通节点都能获取自身位置.

与陆地相比水下传感网的锚节点部署存在较大

难度, 现有定位算法往往假设锚节是随机分布在整个网络中. 陆地上带有 GPS 装置的节点就可以作为锚节点, 但在水下 GPS 无法使用, 锚节点安置远比陆地上困难: 固定在水底成本高, 且其水底的准确坐标的确定本身也是难题; 用绳索系在带 GPS 的浮标下方, 水体的流动会使其悬浮位置随时变化而不准确. 由于以上问题, 水下传感网的锚节点常常只有被放置在水面的携带有 GPS 接收器的浮标. 这样将锚节点仅部署在水面的情况, 非常不利于节点定位算法实施.

本文针对锚节点水面分布的三维水下传感网, 研究多跳的分布式的定位算法.

2 背景和相关研究

水下传感网中, 如果锚节点是被放置在水面上

携带 GPS 接收器的浮标,这样的情况非常不利于节点定位算法实施,会带来两点问题:

第一,锚节点共面,导致镜像模糊;

第二,锚节点的非均匀分布,导致空间的各向异性.

针对锚节点仅水面部署的情况,Zhou 等人提出一种将 Euclidean 算法扩展到三维水下的改进^[5].此方法要求网络除在水面部署携 GPS 接收器的浮标,水体中部署普通传感器节点外,还需增加第三类节点,文献中称“锚节点”:与传统意义不同,这是一种通信范围很大的超级节点,随机部署于水体中,此节点可和水面浮标直接通信,且覆盖整个监测区域.很明显,此种方法需要部署大量的通信范围要求较大的锚节点,开销很大.

另外,有文献提出水下节点深度易测,可将锚节点位置映射到包含待定位节点的水平面上,将三维水下定位问题转化为普通二维定位,文献证明了映射不会使节点的可定位能力退化^[6].但这样的简单降维将导致定位只利用了节点间水平方向的信息,对于易测的深度信息的利用不够充分,对提高算法定位精度不利.

3 分层迭代求精的三维水下定位

这里将逐级迭代求精的算法思想分为三点来叙述.

(1) 从上至下逐级定位,应对锚节点的不均匀分布.

出发点很简单:锚节点集中浮于水面,其一跳范围内的节点首先满足多边迭代条件进行定位;获得位置后的节点变成新的参考节点,向更深的范围广播自己位置,使得它们一跳范围内的节点可以定位.这样一层深过一层地进行,直到整个网络完成定位,如图 1 所示.用“级数”表示连锁反应中节点所处的层次,锚节点的级数被设定 0.这种想法类似于链式的核反应,必须要保证达到连锁反应可以进行的传感器节点的最小密度.

对于锚节点共面带来的镜像模糊,有一个简单的解决方案.由于所有锚节点都同处一面,镜像模糊的情况只有一种:模糊的节点位置关于水平面对称,则必然选取水面下的位置.这样,只需将多边迭代的初始位置进行修正:即由原始的位于水平面的所有锚节点质心,深度设置为水下,即可非常简单地避免镜像模糊的出现.这样还带来一个新的好处:对于水下三维空间的定位,最小的锚节点数目要求可以为

3,不再是 4.

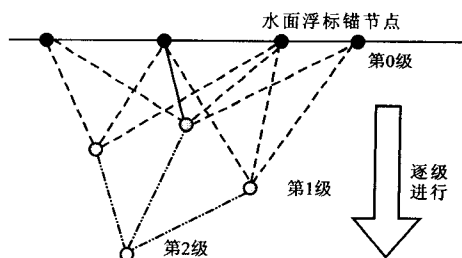


图 1 逐级定位示意图

(2) 逐级加权迭代求精来控制定位误差的累积.

逐级连锁进行定位必然会遇到的问题:误差会被逐级累积.必须要采取措施进行误差控制,此处借鉴了 Cooperative ranging 算法和 Two-Phase positioning 算法迭代求精的思想^[7],即为得到高的定位精度,定位分为起始和循环求精两个阶段,起始阶段获得节点位置初始的估计,精度是粗粒度的;迭代求精阶段接收邻居节点的位置更新,重新执行多边计算,修正自身位置,直至修正值足够小为止.

本算法中的迭代求精与上述算法不同:本算法中越到下级定位误差越大,为防止误差从底层向上层扩散,此处的迭代求精并非在全网节点获得初始值后进行,而是在每一级分别进行.这样做的优点在于既可充分利用本级节点间的相互连接关系,又防止了下级节点的高误差向上污染,提高了每级节点定位精度,可防止大的误差逐步累积.并且,迭代求精中的多边计算中,算法将根据邻居节点的级数进行加权,保证级数低、定位精度高的节点贡献大.权值计算方法为:某邻居节点级数为 N ,则其对应的权值是 $W = \frac{1}{N+1}$.

(3) 利用水下深度信息可测的优势,补偿锚节点分布的不均匀性.

水下三维传感网有一个很重要的优势,即水下传感器节点的深度信息是可以通过多种手段测得的,比如压力传感,这使得水下节点其有一维信息是已知的^[8].锚节点集中于水面,导致三维定位必然是深度方向误差最大,而水网中易测的深度信息则恰到好处地弥补了算法的最大缺陷所在之地,必然可以提高定位精度.

与文献^[6]只进行水平方向的二维定位不同,本算法仍然执行三维定位,利用已知深度信息约束三维多边迭代过程,求出较高精度的校正矢量,用此矢量只进行水平的修正.这样,不会增加任何额外的计

算负担,且充分利用了深度信息修正了水平坐标.这种深度约束提高定位精度的方法适合任何使用了多边迭代的算法.

4 性能评估

4.1 仿真场景设置

如图 2 所示,设置了三种仿真场景以说明算法的表现,阴影表示锚节点所在的水面.场景二和场景三代表了可能出现的复杂监测区域,考验算法对各向异性环境的适应性.

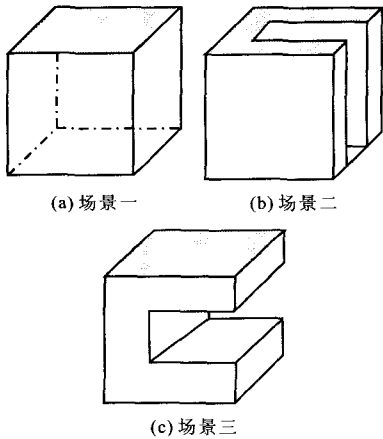


图 2 不同仿真场景示意图

4.2 测距误差对算法精度的影响

实验中选取的网络连通度约为 20,锚节点比例逐渐从 5% 增加到 30%.图 3 给出了仿真结果,图中的实线和虚线分布表示测距误差为 $\pm 10\%$ 和 $\pm 20\%$ 时的两种情况^[9-10].

很显然,三种场景中的结果均显示算法对测距误差敏感,测距误差小时算定位精度高.这是因为算法是逐层进行定位,测距误差小,不仅本层定位误差小,带给下一层定位的误差累积也较小,最终整个网络的平均定位误差小.同时,还可发现锚节点比例的增加也会减小算法定位误差.当锚节点较多时,水面附近的网络连通度高,有较多的节点满足成为一级节点的条件,而一级节点多,满足条件成为二级节点的节点就多,这样逐级递推,节点级别都较低,则使得整个网络定位精度较高.但当锚节点比例达到一定程度,再继续增大将对性能的提高影响不大,这跟锚节点完全集中于平面有关.

4.3 连通度对算法精度的影响

实验中,选取的测距误差为 $\pm 10\%$,将锚节点比例逐渐从 5% 增加到 30%.图 4(a)~(c)给出了算法在场景一、场景二和场景三几种情况下的仿真结果.图中的实线和虚线分布表示网络连通度为 20 和 15 时的两种情况.

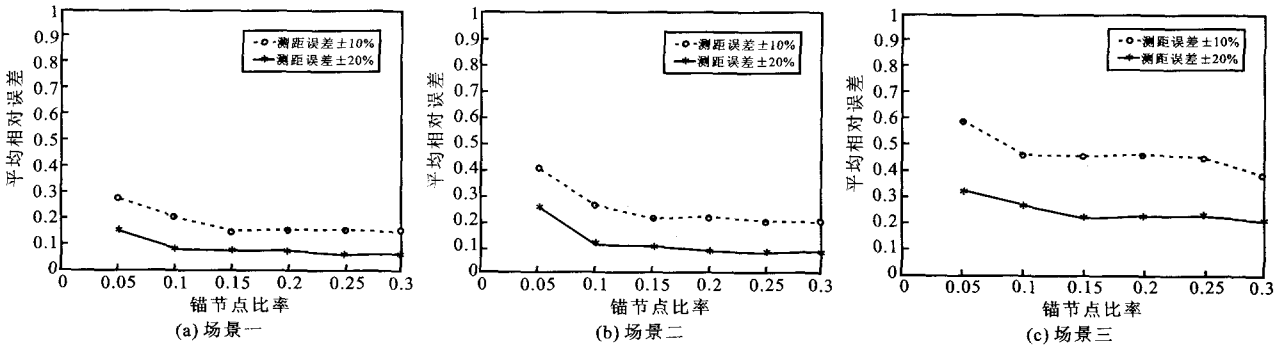


图 3 测距误差影响示意图

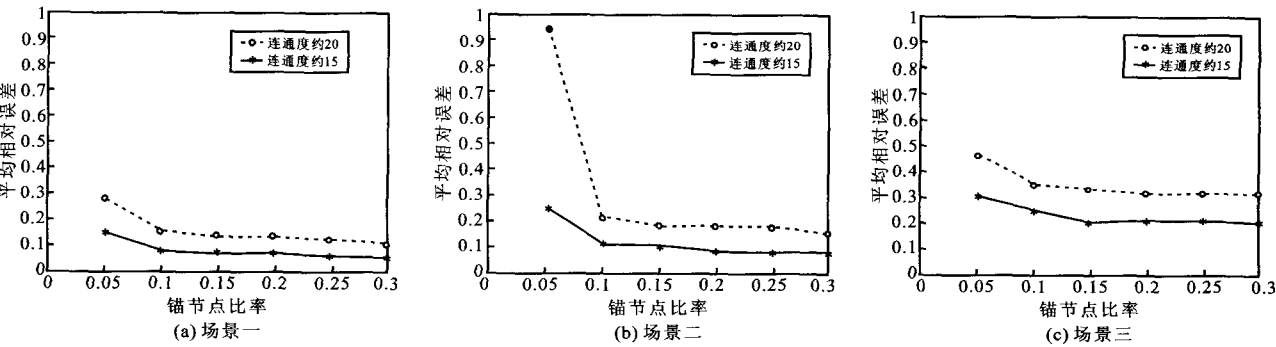


图 4 连通度影响示意图

很显然,逐渐求精的定位算法要求的网络连通度较高,这一点跟 Zhou 中所提算法类似^[5].原因在于,这些算法都是利用真实距离进行多边迭代,所以在各向异性条件下表现较好,但是为了得到真实距离,它们都需要利用节点密集的网络局部拓扑,并且在连通度较高的条件下,性能较好.

5 结束语

锚节点仅能在水面部署是水下传感网面临的一个现实问题,本文分析了此种三维水下场景中传感器节点自定位的困境,提出一种新的从水面向水底逐级定位,按级加权迭代求精的定位算法,并利用已知的节点深度信息来修正每次迭代结果,提高算法精度,仿真结果显示该算法各种表现良好,包含各向异性拓扑.

参考文献:

- [1] Jun-Hong C, Jiejun K, Gerla M, et al. The challenges of building mobile underwater wireless networks for aquatic applications[J]. Network, IEEE, 2006, 20(3):12-18.
- [2] Jiejun K, Jun-hong C, Dapeng W, et al. Building underwater ad-hoc networks and sensor networks for large scale real-time aquatic applications[C]//Military Communications Conference. New Jersey, IEEE, 2005:1535-1541.
- [3] 史庭俊,桑霞,徐力杰,等.一种基于信任度的 DV-Hop 改进定位算法[J]. 微电子学与计算机,2008,25(10):100-102.

- [4] 冯秀芳,曹美丽,孙超.无线传感器网络基于 Apit 的混合定位算法[J]. 微电子学与计算机,2009,26(6):58-62.
- [5] Yuecheng Z, Liang C. A distributed protocol for multi-hop underwater robot positioning[C]//Robotics and Biomimetics, IEEE International Conference. China: Shenyang, 2004:480-484.
- [6] Garcia J E. Ad hoc positioning for sensors in underwater acoustic networks [C]//OCEANS '04. MTS/IEEE TECHNO OCEAN '04. California, 2004:2338-2340.
- [7] Zhou Z, Cui J H, Zhou S. Localization for large-scale underwater sensor networks[C]//NETWORKING 2007. Ad Hoc and Sensor Networks, Wireless Networks, Next Generation Internet. USA:Atlanta,2007.
- [8] Wei C, Teymorian A Y, Liran M, et al. Underwater localization in sparse 3D acoustic sensor networks[C]//INFOCOM 2008. The 27th Conference on Computer Communications. USA:Phoenix, IEEE, 2008:236-240.
- [9] Chris S, Jan M R, Koen L. Robust positioning algorithms for distributed Ad-Hoc wireless sensor networks[C]//Proceedings of the General Track of the annual conference on USENIX Annual Technical Conference: USENIX Association. USA:Boston,2002.
- [10] Ian F A, Dario P, Tommaso M. Challenges for efficient communication in underwater acoustic sensor networks [C]//ACM. USA:New York, 2004:3-8.

作者简介:

王 悱 女,(1979-),博士.研究方向为计算机网络.

(上接第 64 页)

- [4] 赵学峰.基于混沌映射的数字图像置乱方法[J]. 微电子学与计算机,2003,20(8):136-138.
- [5] 陈巧琳,廖晓峰,陈勇,等.改进的基于混沌序列的幻方变换图像加密[J]. 计算机工程与应用,2005(22):138-232.
- [6] 张燕,黄贤武,刘家胜.一种基于改进的混沌猫映射的图

像加密算法[J]. 计算机工程,2007,33(10):166-168.

作者简介:

盛苏英 女,(1979-),硕士,讲师.研究方向为混沌同步、混沌加密.

吴新华 男,(1980-),硕士.研究方向为计算机通信.