

基于浮标的 3D 水声传感器网络节点定位

吕长艳, 刘广钟

(上海海事大学 信息工程学院, 上海 201306)

摘要: 节点位置的确定是水下无线传感器网络的应用基础。为了提高节点定位精度并延长网络生命周期, 提出一种使用海面浮标节点作为参考节点的水下传感器网络节点定位算法。仿真结果表明该方法提高了节点定位的精度, 并在一定程度上减少了能耗。

关键词: 水声传感器网络; 3D 定位; 浮标节点; 汇聚节点

中图分类号: TP311.13

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2013)22-0048-02

3D location of node in underwater sensor networks based on buoy

Lv Changyan, Liu Guangzhong

(College of Information and Engineering, Shanghai Maritime University, Shanghai 201306, China)

Abstract: The location of the node is the basis of the application of UWSN. In order to improve the node location accuracy and prolong the network life cycle, this paper proposes a localization scheme for underwater 3D acoustic sensor network, which uses surface buoy nodes as the reference nodes. The result shows that the scheme increases localization accuracy and reduces energy consumption.

Key words: acoustic sensor networks; 3D localization; buoy nodes; sink

水下无线传感器网络是陆地无线传感器网络向水下环境应用的延伸, 将为海洋能源的开发与保护、海洋军事、海洋灾害的监测与预防等提供有力的支持。但是, 这一切要以位置已知的传感器节点所采集的信息为基础。水下节点的精确定位也因此成为现在急需解决的基础性问题。

1 相关研究

海洋条件下, 电磁波会出现巨大的衰减; 光由于发生散射和折射等影响其在水中的作用; 声音则相对稳定且比在空气中传播速度快, 故采用声音作为传播介质^[1]。然而水下定位仍面对许多挑战, 如: 海洋环境复杂多变, 不能够像地面无线传感器网络一样, 给节点定位算法提供一个相对稳定的环境; 声信号的传播受到海洋环境(各处海水的盐度、温度、噪声均不同, 并时刻变化)的影响, 从而导致多途、时延、能量衰减等不利现象产生^[2-3]。因此, 水声传感器网络中解决节点定位问题时, 要考虑尽量减少不利条件的影响, 提高传感器节点的利用率与信息传播的准确性。

根据是否需要测量参考节点与未知节点之间的距离或角度, 节点定位方法主要分为非基于测距(range-free)定位算法和基于测距(range-based)定位算法两种^[2]。前

者无需测得未知节点和参考节点间的距离, 对硬件设备的要求较低, 定位过程中不需要消耗大量的能量, 但是只能提供不精确的定位, 定位精度成为其主要问题; 后者由于测距(或角度)的需要, 而提高了相应设备的硬件要求并增加了能量的消耗, 但是能相对提高定位的精度。基于测距的定位算法的参考节点通常除了需要布置海面浮标节点以外, 还需要投放多个水下的固定锚节点, 再外加一个水下自主探测器 AUV 或者可以上下浮动的节点^[4-5]。设备代价较为昂贵, 且节点间的通信量较大。

在此基础上, 根据实际情况中节点布置的维数考虑, 水下传感器网络有两种拓扑结构: 二维水下传感器网络和三维水下传感器网络。二维水下传感器网络中, 参考节点和未知节点固定在海底。此时, 定位问题简化为三角计算问题。三维水下传感器网络中, 传感器节点悬浮在海水中, 并且深度可以调节。进行定位算法时, 通常将参考节点投影到未知节点所在的平面上, 此时可以将水声传感器网络的三维空间定位问题转化为二维空间定位问题^[6]。在水下环境中, 二维定位算法的应用范围有限, 主要用于监测海洋环境和研究海地板块构造; 而三维定位算法应用范围广泛, 也较实际^[7]。

网络与通信 Network and Communication

本文基于海面浮标节点的定位算法进行研究,未知节点漂浮在海水中,作为参考节点的浮标节点和汇聚节点位于海面,构成三维拓扑结构。定位算法实现简单,硬件要求低,通信量小,精度较高。

2 算法描述

算法中,借助海面浮标节点与汇聚节点进行定位。假设多个浮标节点和一个汇聚节点固定在海面上,其中,汇聚节点具有非常强的存储能力、计算能力和通信能力,用于计算并存储节点的位置。浮标节点及汇聚节点通过与卫星通信,能够保持时钟同步以及位置的准确性。另外,各浮标节点到汇聚节点的距离为已知。未知节点由船只抛撒下去之后,随机分布在海水中,均配备压力传感器以获知其自身深度信息。

假设未知节点 n 到达预定深度的时刻为 t_0 ,并开始全方位发送信息。信号到达两个浮标节点 i, j (时刻计为 t_{i1}, t_{i2}) 和汇聚节点 S (此时刻计为 t_s)。浮标节点立刻把接收到的信息转发给汇聚节点,其中间缓冲时刻可以忽略,信号到达时刻计为 t_{21}, t_{22} 。则此时由 3 个节点组成的三角形的 3 条边为已知,浮标节点和汇聚节点的坐标已知。同时,声音在水下的传播速度 c km/s。如图 1 所示,圆圈代表的是未知节点,星号代表的是参考节点。

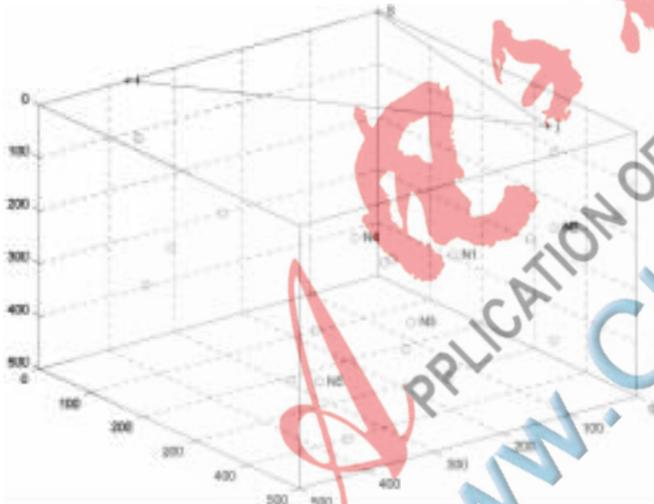


图 1 水下传感器网络节点分布图

假设定位开始时,即以汇聚节点 S 为原点, S 与 i 连线为 X 轴,方向指向 i ,浮标节点在 Y 轴正向方向,向下建立三维坐标系。如图 2 所示,原点 $S(0,0,0)$ 为汇聚节点, i, j 为浮标节点,坐标分别为 $(x_i, 0, 0), (x_j, y_j, 0)$ 。未知节点 n 坐标为 (x, y, z) , z 即为深度传感器测得的值, r_i, r_j, r_{ij} 分别表示 i, j 到 S 的距离以及 i 和 j 之间的距离。 n 到 S, i, j 的距离表示为 r_s, r_{in}, r_{jn} 。 p 点为节点 n 在 XS 平面的投影,过 p 点做 X 轴的垂线,交点为 o ,连接节点 S 、节点 i 与点 p 。则可以得到如下公式:

$$\begin{cases} r_s = c(t_s - t_0) \\ r_{in} = c(t_{i1} - t_0) \\ r_{jn} = c(t_{j1} - t_0) \end{cases} \quad (1)$$

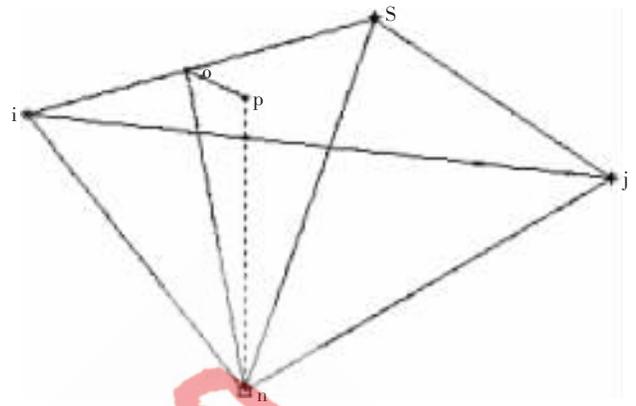


图 2 定位算法实现

$$Sp = \sqrt{Sn^2 - np^2} \quad (2)$$

$$pS = \sqrt{ni^2 - np^2} \quad (3)$$

$$\cos\alpha = \frac{Sp^2 + Si^2 - pi^2}{2 \times Sp \times Si} \quad (4)$$

$$\cos\alpha = \frac{x}{Sp} \quad (5)$$

$$y = \sqrt{Sp^2 - x^2} \quad (6)$$

根据式(2)~式(5)可以得到 x 的值,再根据式(6)可以得到 y 的值。由于 z 值为压力传感器所测得的深度值,则此时即求得未知节点 n 的一组相对坐标 (x, y, z) 。

3 仿真实验及结果分析

通过运用 MATLAB 软件对提出的算法进行仿真验证。算法中,假设通信半径 $R=200$ m,声速 c 为 1 500 m/s,浮标节点的坐标分别为 $i(370, 0, 0), j(70, 420, 0)$ 。以汇聚节点 S 为原点,与浮标节点 i 的连线为 X 轴, j 节点所在方向为 Y 轴正向,假设在一个 $500 \times 500 \times 500$ 的空间内,未知节点随机分布。以 $N1$ 节点为例,实际坐标为 $(375, 175, 81)$ (z 坐标为节点深度),在不加噪声和干扰的情况下,测得 $N1$ 到 S, i, j 节点的距离为 422 m、193 m、399 m。带入式(2)~式(6)中。由于镜像模糊的存在^[5],得到两个不同的 y 坐标 (± 175.314),两个节点关于 XSZ 平面对称;分别计算点 (x, y_1, z) 和 (x, y_2, z) 与 j 点的距离 d_1, d_2 ,与 r_{ij} 相等的节点即为 $N1$ 的真正坐标 $(375, 175, 81)$ 。在无噪声和延迟的情况下,通过未知节点到参考节点的距离,可以求得参考节点的位置坐标。

本文提出的水声传感器网络节点定位算法,以海面浮标节点和汇聚节点为参考,减少了海底固定浮标和 AUV,降低了设备代价。另外,未知节点之间不需要通信,降低了能量的消耗。汇聚节点的计算能力较强,算法执行高效。但是,在将来的研究中需要考虑到海水中声波的时延和噪声的影响。

算法改进,由于海面可部署多个浮标节点, S 节点作为原点,规定一个 i 节点, S 与 i 连线作为 X 轴。其余浮标节点分布在 X 轴两侧。在浮标节点中任选两个节点与汇聚节点 S 构成一个定位算法的参考坐标组,多次执

行后得到多个未知节点的相对坐标,取其平均值或者采用一定的数据融合技术提高节点定位的精度。

参考文献

- [1] 郭忠文,罗汉江,洪锋,等.水下无线传感器网络的研究进展[J].计算机研究与发展,2010,47(3):377-389.
- [2] HEIDEMANN J, YE W, WILLS J, et al. Research challenges and applications for underwater sensor networking[C]. Wireless Communications and Networking Conference, 2006. IEEE, 2006(1): 228-235.
- [3] 李可非.水声无线传感器网络节点的设计与开发[D].青岛:中国海洋大学,2009.
- [4] KIM C, LEE S, KIM K. 3D underwater localization with hybrid ranging method for near-sea marine monitoring[C]. Embedded and Ubiquitous Computing(EUC), 2011 IFIP 9th International Conference on, IEEE, 2011: 438-441.
- [5] EROL M, VIEIRA L F M, GERIL M. Localization with Dive N Rise (DNR) beacons for underwater acoustic sensor networks[C]. Proceedings of the Second Workshop on Underwater Networks. ACM, 2007: 97-100.
- [6] POMPILI D, MELODIA T, AKYILDIZ I F. Three-dimensional and two-dimensional deployment analysis for underwater acoustic sensor networks[J]. Ad Hoc Networks, 2009, 7(4): 778-790.
- [7] 孔庆茹,杨新宇,闫超,等.一种基于接收信号强度指示的改进型定位算法[J].西安交通大学学报,2008,42(2): 147-151.

(收稿日期:2013-08-17)

作者简介:

吕长艳,女,1989年生,硕士研究生,主要研究方向:分布式计算。