

面向低强度无线网络信号接收谱参数估计研究

李 瑾^{1,2}, 戴春燕¹, 洪 阳¹

(1. 包头钢铁职业技术学院 自动化系, 内蒙古 包头 014010; 2. 内蒙古科技大学 信息工程学院, 内蒙古 包头 014010)

摘要: 针对以北斗卫星导航信号为代表的亚纳秒级的低强度无线网络信号在定位中难以获取精确时间估计及角度估计, 且易受环境噪声影响, 使其定位精度不高等难题, 提出了基于亚纳秒级的低强度无线网络信号接收谱参数估计方法; 首先通过抽样方式, 将发射信号抽样为多维独立子信号并独立建模, 通过构造噪声空间与子信号空间在对应列向量正交化的基础上精确获取 TOA 估计; 随后利用复数域映射, 在获取 TOA 估计基础上采取比对方式精确地获取 DOA 估计; 最后对所提参数估计方法进行了精度分析; 测试数据显示: 与 PM 算法、ESPRIT 算法相比, 所提技术在 TOA 及 DOA 估计上更为精确; 同时在信号强度低且背景噪声干扰严重的情况下, 所提方法仍可有有效的维持参数估计精度; 该技术能够有效减轻背景噪声对信号传输的影响, 具有较强的实际部署意义。

关键词: 无线网络; 信号接收谱; DOA 估计; TOA 估计; 复数映射

Study on Estimation of Parameters for Low Intensity Wireless Network Signal Receiving Spectrum

Li Jin^{1,2}, Dai Chunyan¹, Hong Yang¹

(1. Department of Automation, Baotou Iron and Steel Vocational Technical College, Baotou 014010, China;

2. College of Information Engineering, Inner Mongolia University of Science and Technology, Baotou 014010, China)

Abstract: In order to solve the problem as low positioning accuracy induced by easily influenced by environmental noise and difficult to obtain precise time estimation and angle estimation in the processing of the low intensity radio network signal of the sub nanosecond level represented by the Beidou satellite navigation signal, the Parameter estimation method of low intensity radio network signal receiving spectrum based on sub-nanosecond was proposed in this paper. Firstly, TOA estimation is obtained by constructing the noise space and the sub signal space, as well as the transmitted signal was sampled by the sampling method. Then, the DOA estimation was obtained by using the complex number field mapping and the TOA estimation. Finally, the accuracy of the proposed parameters estimation method was analyzed. Test data shows that: this proposed method had higher accuracy in TOA and DOA estimation; At the same time, he proposed method can effectively maintain the accuracy of parameter estimation in the case of low signal intensity and severe background noise. This technology can effectively reduce the influence of background noise on signal transmission, and has strong practical significance

Keywords: wireless network; signal receiving spectrum; DOA estimation, TOA estimation; complex mapping

0 引言

在低强度天地无线信号定位过程中, 信号的时达估计 (TOA 估计) 的准确获取, 以及信号波达估计 (DOA 估计) 的方向获取, 成为影响卫星定位精确度最为重要的两个参数^[1-3]。ROVNAKOVA J^[4]提出可以基于信号接收强度检测并结合信号相干检测的方式, 来实现 TOA 估计。但是当卫星和地面处于非同步状态时, 随着卫星轨道半径的扩大, 其 TOA 估计性能将迅速的下降。MARZETTA^[5]提出为了改善信号的 TOA 估计, 首先采用 PM 算法将 TOA 估计中的信道进行单位冲激响应, 然后在此基础上对谱密度采用范数估计等方式实现频域内的峰值曲线搜索, 随后根据峰值曲线进行反变换, 从而获取到良好的 TOA 估计。然而由于该技术对频域要

求极高, 一旦出现多普勒频移, 特别是多普勒频移处于不断变动状态时, 它将很难在频域内对 TOA 进行估计, 估计精度也大大下降。LARSSON^[6]提出了基于波函数空间递归的方式, 采用 ESPRIT 算法将 TOA 的频域映射为不变小波函数, 通过对不变小波函数进行自递归获取 TOA 峰值, 在信号变换频繁时能够实现精确定位。但是, 由于专门针对时变节点进行定位, 导致当节点处于固定状态的时候, 其难以做到对 TOA 峰值进行自递归, 从而降低了定位的精确度。

为了解决上述难题, 本文提出了一种新的接收谱参数估计机制。首先对接收到的信号进行抽样, 以获得多路互相独立的子信号。同时为改善抗噪性能, 根据子信号在接收过程中的特性, 基于特征值和特征向量, 将信号空间分割为互相独立的信号子空间和噪声子空间, 实现了将信号和噪声的正交化精确分离, 减少了噪声对定位精确程度的影响。同时根据信号子空间和噪声子空间互相正交的特性进行复数域映射, 准确计算出 TOA 和 DOA 估计; 并将 TOA 及 DOA 估计问题演变为在复数域上求零点的问题, 在复数域上实现了精度的准确求取和误差控制; 最后对本文方法进行了仿真分析。

收稿日期: 2015-10-24; 修回日期: 2015-12-04。

基金项目: 内蒙古自然科学基金(2013MS0921)。

作者简介: 李 瑾(1968-), 女, 河北冀县人, 硕士, 讲师, 主要从事无线网络、计算机应用方向的研究。