

文章编号:1000-582X(2006)11-0105-03

# 无线移动用户定位精度的算法分析\*

陈立万<sup>1,2</sup>,冯地耘<sup>2</sup>

(1. 重庆大学 自动化学院,重庆 400030;2. 重庆三峡学院 应用技术学院,重庆 万州 404000)

**摘要:**随着移动用户的不断增加,移动定位与位置业务成为世界上公认的最有吸引力的无线数据业务,向用户提供精确的定位信息已经成为移动通信技术的标准业务之一,因此对无线定位技术的深入研究有重要的价值.给出了基于无线网络定位情况下,对如何提高无线移动用户的定位精度从算法上进行了讨论,通过分析及仿真,表明在不同环境下为满足一定的定位精度应有不同的算法予以支撑.

**关键词:**无线定位;精度;仿真

**中图分类号:**TP802.2

**文献标识码:**A

随着无线移动通信技术的快速发展,移动定位技术已经成为无线通信系统讨论的焦点,是第三代移动通信的重要支撑技术,广泛用于移动台位置的灵活计费、智能交通系统、增强网络性能和个人定位服务等业务.定位精度是定位技术性能最重要的体现,人们普遍认为要达到100 m左右的精度才有效<sup>[1]</sup>,对精度的要求很大程度上决定了定位技术的选择,根据环境条件的不同有不同的定位技术,笔者采用全软件方式通过优化算法来提高定位精度.

## 1 对视距传播环境下的优化算法

### 1.1 选择恰当的线性化处理方法

无线定位算法是讨论如何通过软件技术,提高对无线用户的准确定位,对于平面定位可利用3个无线基站实现对用户的定位.

设有3个基站参与定位,且设所有的TDOA(波达时差)值都送到第1个基站,目标移动用户的坐标为 $(x, y)$ ,参与定位的第 $i$ 个基站坐标为 $(x_i, y_i)$  ( $i=1, 2, 3$ ),目标移动用户与基站的距离为 $R_i$  ( $i=1, 2, 3$ ),目标移动台与基站1之间的距离为 $R_1$ ,则<sup>[2-3]</sup>:

$$R_i = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2}, (i = 2, 3). \quad (1)$$

$$R_1 = \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}. \quad (2)$$

目标移动台与基站 $i$ 和基站1距离之差:

$$R_{i1} = cd_{i1} =$$

$$R_i - R_1 = \sqrt{(x_i - x)^2 + (y_i - y)^2} - \sqrt{(x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2}, \quad (3)$$

其中, $c$ 为电磁波的传播速度; $d_{i1}$ 为从目标移动用户发出信号到达基站1的时间差值(TDOA值).

该式确定了一组非线性的双曲方程组,方程组的解就是目标移动用户的位置.但非线性方程组求解,需将其转化为线性方程组,移动台定位求解算法有3种:1) Taylor级数方法.首先对双曲方程组进行Taylor级数展开,保留前两项,将其化为线性方程组,然后用迭代法求解这个线性方程组,然而,Taylor级数方法进行迭代运算时需要一个初始值,如果该初始值选定不当,则Taylor级数方法可能不收敛,双曲方程组无解,在大多数情况下,对双曲线方程组进行线性化不会给位置估计带来更多的误差,但是当在较差的GDOP(几何稀精度)条件下进行定位时,线性化操作会带来较大误差;2)代入消元法.当线性方程组中未知数个数等于方程组个数时,可用一般的代入消元法及求根公式求解,并利用先验信息去掉一个模糊解后,即可得到目标移动台的坐标,用这种方法求解精度较高,在运算量上也少于Taylor级数方法,但是该方法没有利用更多基站参与定位估计而提供的冗余观测值来提高求解精度,开方运算会导致模糊解

\* 收稿日期:2006-07-20

基金项目:重庆市教委科学技术项目(KJ061107)

作者简介:陈立万(1964-),男,重庆开县人,重庆三峡学院副教授,重庆大学硕士研究生,主要从事无线定位系统的研究.

产生;3)最大似然估计求解法.这种方法不需要迭代求解,能有效利用冗余测量值,比前2种方法精度高.因此,对无线网络中的移动用户定位适宜最大似然估计法求解,其求解的基本思路是使用2次最小二乘法及相关处理得到目标移动台位置的最大似然估计  $Z'_a$ ,用  $Z'_{a1}$  和  $Z'_{a2}$  表示最大似然估计的2个分量,最终得到目标移动台的位置估计为:

$$Z_{1p} = \begin{bmatrix} \sqrt{Z'_{a1}} \\ \sqrt{Z'_{a2}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, \quad Z_{2p} = \begin{bmatrix} -\sqrt{Z'_{a1}} \\ \sqrt{Z'_{a2}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix},$$

$$Z_{3p} = \begin{bmatrix} -\sqrt{Z'_{a1}} \\ -\sqrt{Z'_{a2}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}, \quad Z_{4p} = \begin{bmatrix} \sqrt{Z'_{a1}} \\ -\sqrt{Z'_{a2}} \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} x_1 \\ y_1 \end{bmatrix}. \quad (4)$$

最后通过先验信息去掉模糊解,即根据实际物理意义确定其位置信息范围或条件,不满足此范围或条件的解称为模糊解,经过程序设定自动取消该模糊解,便得到目标移动台位置的估计.

### 1.2 增加定位基站

在无线通信系统中,不可避免存在干扰或噪声,在它们的影响下必将带来定位偏差,若增加定位基站的数目,便可大大提高定位精度,在此将3基站参与定位改成5基站参与定位,推导过程与上述相似,并通过 SIMULINK 进行仿真,见图3-图4所示,达到满意效果.

## 2 对视距传播环境下的移动台系统仿真

该仿真使用仿真工具 SIMULINK,该仿真工具是一个进行动态系统建模、仿真和综合分析的集成软件包,自带丰富的模块库,使用方便.仿真条件为:采样频率为4信码片速率,信噪比从0~20 dB,扩频码采用127位 GOLD 扩频码,扩频增益为127,码片速率为3.84 Mchip/s,多普勒衰落频率为100 Hz,多径延时模型采用 COST-207 模,仿真系统主要功能模块如图1所示,接收处理定位仿真系统结构如图2所示.



图1 仿真系统主要功能模块图

该仿真系统由模拟源模块、信道模块和接收处理模块组成<sup>[4]</sup>,其中模拟源模块完成手机用户信号的产生、扩频和调制,信道模块实现定位信道模型,包括路径损耗模型、Rayleigh 衰落模型和多径产生模型;处理

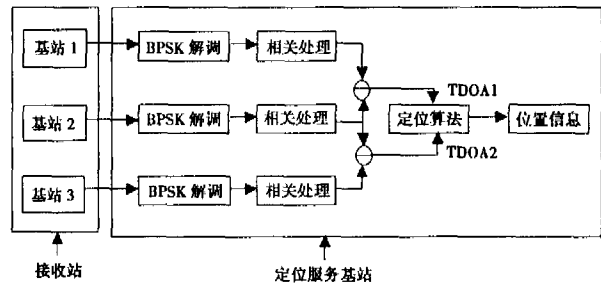


图2 定位仿真系统结构框图

系统部分完成 TD0A 参数测量和根据测量得到的参数,求解双曲线方程估计出移动台的位置.

通过仿真单用户、3 基站误差如图3所示,单用户、5 基站误差如图4所示.可以看出信噪比(SNR 单位为 dB)与定位精度(用 RMS 表示定位误差均方根,

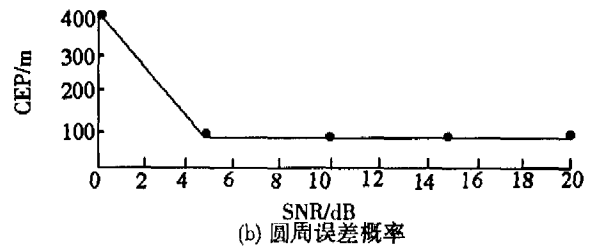
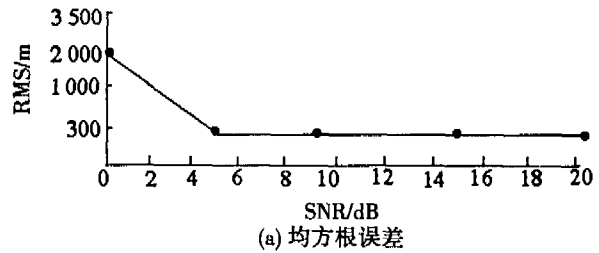


图3 单用户、3 基站定位误差

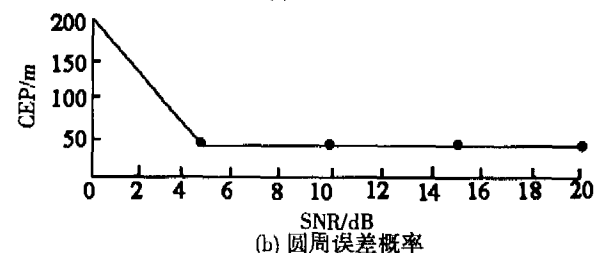
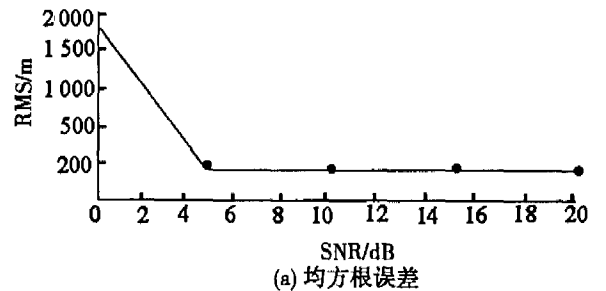


图4 单用户、5 基站定位误差

单位为 m; CEP 表示圆周误差概率, 单位为 m) 的关系: 对视距传播 (LOS) 环境, 在相同信噪比的条件下, 利用 5 基站得到的定位估计的误差小, 因此其效果好于利用 3 基站定位得到的位置估计, 其原因在于利用多基站进行定位时利用了多余的定位信息从而得到更高的精度, 造成定位误差的下降. 因此增加基站有利于提高移动用户的定位精度.

### 3 非视距传播环境下的改进定位算法

在蜂窝网络环境下, 如果移动台与基站之间的电磁波的路径被建筑物阻挡, 电磁波只能以反射、折射等非视距传播 (NLOS) 方式进行传播, 若采用 TDOA 技术对移动台进行定位估计, TDOA 测量值会产生一个误差分量, 这将造成定位算法的性能明显下降, 难以取得移动台位置的最大似然估计, 使估计位置出现较大偏差, 要提高该环境下的对移动台定位的准确性, 必须消除 NLOS 造成的误差, 根据在 NLOS 环境下对 TDOA 测量值的误差统计特性分析, 下面给出 2 种降低 NLOS 误差影响从而提高定位精度的方法<sup>[5-6]</sup>.

#### 3.1 采用平滑和重构提高定位精度

对于一次定位过程中得到的多组 TDOA 测量值, 首先通过平滑处理降低 TDOA 测量随机测量误差影响, 估计 TDOA 测量值方差或标准差; 根据 TDOA 测量值的均值确定移动台粗略位置, 再利用有关信道环境 NLOS 方差或标准差的先验信息判断移动台和各基站是否存在 NLOS 误差, 估计出 NLOS 平均超量时延的大小, 然后对一组 TDOA 测量值进行重构, 使 TDOA 测量误差具有与 NLOS 环境下近似的零均值的统计特性, 并构造 TDOA 协方差矩阵, 再利用 2 次加权最小二乘法进行定位估计, 得到移动台的估计位置, 通过对测量数据的平滑和重构, 能使定位性能显著改善, 如图 5 所示, 纵轴代表均方根误差 (rmse(o) 表示由原始数据得到的误差, rmse(c) 表示由平滑和重构得到的误差), 横轴代表 MS 和 BS 之间电波 NLOS 传播的概率  $P_{NLOS}$  的仿真情况. 从图 5 可见在相同传播概率下, 定位误差明显降低, 因此本算法定位精度显著提高.

#### 3.2 采用 TDOA/AOA 混合定位算法提高定位精度

随着移动通信技术的发展, 在蜂窝网络中 TDOA、AOA 等测量值都能进行检测. 因此, 如何充分利用这些测量值, 综合各种不同定位方法的优点, 提高对移动台的定位精度, 是值得深入研究的课题, TDOA/AOA

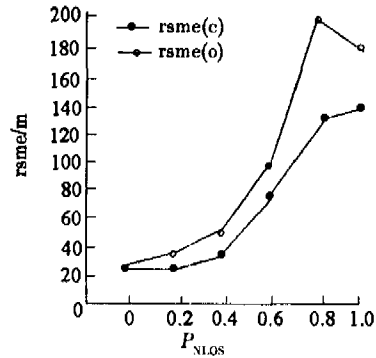


图 5 NLOS 误差服从指数分布的定位情况

混合定位技术就是一种将多个 TDOA 测量值与基站提供的 AOA 测量值进行数据融合, 以提高移动台的定位精度, AOA 测量值越精确, 采用 AOA 的混合定位法对性能的提高越大. 但是 AOA 测量值误差大, 采用 AOA 的混合定位法对性能的改善将减小, 甚至使性能反而下降. 因此, 针对 TDOA、AOA 测量值之间存在的对性能的影响等问题有待进一步的研究.

### 4 结束语

基于网络的定位技术由基站执行测量, 在网络侧进行定位结果的计算, 该技术可以支持现有的移动台, 然而定位测量一般只能对激活态下的移动台进行, 对处于空闲态的移动台几乎是不能实现的. 笔者创新点是通过对视距传播 (LOS) 和非视距传播 (NLOS) 的算法分析研究, 指出了在不同环境下提高无线移动用户定位精度的算法不同, 对算法的不断优化, 定位精度将明显提高, 这对无线定位技术开发应用有直接的指导意义和实用价值.

#### 参考文献:

- [1] 田增山. 移动电话定位技术及其应用[J]. 电信科学, 2001, 17(1): 23-26.
- [2] 陈立万, 冯地耘. 基于网络通信无线定位技术的算法研究[J]. 四川大学学报, 2004, (6): 1 163-1 166.
- [3] JOSEPH C LIBERTI, THEODORE S RAPPAPORT 著. 无线通信中的智能天线[M]. 马凉译. 北京: 机械工业出版社, 2002.
- [4] 孙仲康, 周一宇, 何黎星. 单多基地有源无源定位技术[M]. 北京: 国防工业出版社, 1996.
- [5] 范平志, 邓平, 刘林. 蜂窝网无线定位[M]. 北京: 电子工业出版社, 2002.
- [6] 郭梯云. 移动通信[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1995.

## 参考文献:

- [1] LI FANG - YU , TANG MENG - XI. Positive Definite Problem of Energy Density and Radiative Energy flux for Pulse Cylindrical Gravitational Wave [J]. Acta Phys. Sin. 1997, 6:321 - 333.
- [2] LI FANG - YU , SU XUN, LONG BING - WEI. Special Form of Electrodynamical Response to a Gravitational Wave; Outgoing and Imploding Photon Fluxes [J]. Chinese Physics Letter, 2002, 11(5) :47 - 52.
- [3] TANG MENG - XI, LI FANG - YU , LUO JUN HIGH. Frequency Gravitational Wave of a Composite Toroidal Electromagnetic Resonant system[J]. Acta Phys,1997,6:161 - 171.
- [4] WEN DE - HUA, LI FANG - YU, LIU Liang - Gang. Energy - Momentum Pseudo - tensor of Cylindrical Gravitational Waves of Both the Polarized States[J]. Chinese Physics 2002, 19(5) ,:626 - 627.
- [5] WEN DE - HUA, CHEN WEI, WANG XIAN - JU. et al. Energy of Gravitational of Static Spherically Symmetric Neutron Stars, Commun [J]. Theor. Phys. ( Beijing, China ), 2003,40: 637 - 640.
- [6] 文德华,李芳昱. 基于胡宁表述的柱面引力波能量动量张量[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2000, 28(3):126 - 130.

## Energy-momentum Pseudo-tensor of Cylindrical Gravitational Waves of Both the Polarized States Based on Rosen-virbhadra Expression

ZHANG Cui-juan, CHEN Wen-suo

(College of Mathematics and Physics, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

**Abstract:** Using the expression of energy-momentum pseudo-tensor of cylindrical gravitational waves of both the polarized states, the authors got the expression of the energy and momentum after a great lot of calculations. The results are discussed, from these discussions, it is concluded that Cartesian coordinates is better than cylindrical coordinates to describe the cylindrical gravitational waves of both the polarized states.

**Key words:** Rosen-virbhadra; energy-momentum pseudo-tensor; both the polarized states; cylindrical gravitational waves

(编辑 姚 飞)

(上接第 107 页)

## Algorithm Discussion of High Precision for Wireless User Location

CHEN Li-wan<sup>1,2</sup>, FENG Di-yun<sup>2</sup>

(1. College of Automation, Chongqing University, Chongqing 400030, China;

2. College of Applied Technology, Chongqing Three Gorges College, Wanzhou 404000, China)

**Abstract:** In recent years, because of increasing mobile users, the wireless location and business is the most attractive business in the world, accurate location information to users has become one of criterion business for mobile communication, so a discussed deeply wireless location technology is very value. This paper discusses it from high accuracy algorithm for wireless location on the network, by the emulation and comparison. It has shown that there are different algorithms in different surroundings for arriving at satisfied precision

**Key words:** wireless location; precision; emulation

(编辑 李胜春)