

手持 GPS 接收机短多径干扰抑制方法研究

刘楠 (东北林业大学机电学院, 黑龙江哈尔滨 150040)

摘要 分析了手持 GPS 接收机在实际应用中定位精度的多径干扰影响因素, 提出了短多径干扰抑制算法, 并将该算法用于导航接收机中, 建立了实现原理框图, 进而提出了短多径抑制算法的具体步骤, 通过实测检测得到较高的精度。

关键词 手持 GPS; 短多径干扰; 算法; 导航接收机

中图分类号 S771.8 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2014)13-04114-02

Study on Short-Delay Multipath Cancellation Algorithm in Portable GPS Receiver

LIU Nan (College of Mechanical and Electronic Engineering, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

Abstract In practical application, the multipath interference factors influencing the precision of portable GPS are discussed. The short-delay multipath cancellation algorithm is proposed, and used in the navigation receiver. Implement the scheme is presented, and concretely process is proposed. High precision is acquired through actual measurement with instruments.

Key words Portable GPS; Multipath interference; Algorithm; Navigation receiver

全球定位系统(Global Positioning System, GPS)是一个高精度、全天候和全球性的无线电导航、定位和定时的多功能系统^[1]。这一定位技术已在空间对地、空间对空间、地对空间等定位领域获得广泛的应用, 成为多模式、多用途、多机型的高新技术产业。但在实际应用过程中, 受地理环境的影响, 例如 C/A 码信号通过林冠时产生延迟或者产生多路径效应, 形成噪声干扰有用信号^[2]。由于林冠对于 GPS 信号的影响, 载波相位定位的误差造成伪距定位精度降低。近年来, 虽然提出很多抑制多径干扰的方法, 但大部分对短多径干扰无效。针对手持 GPS 接收机的短多径干扰问题, 提出干扰抑制算法^[3], 在传统的窄相关的基础上, 增加用于计算及修正多径误差的相关器。这个相关器用于多径估计而不参与跟踪的抗差处理, 计算复杂度较低, 易于实现。仿真结果表明, 将多径干扰抑制算法用于手持 GPS 接收机中, 不仅对修正短多径干扰有明显优势, 对中、长多径效应的性能也优于窄相关技术, 具有很好的抗多径作用。

1 问题描述

多径干扰是指 GPS 接收机在接收卫星发射的直达信号的同时, 还接收其他反射、散射等间接信号, 例如伪码通过林冠时产生的信号延迟或多路径信号, 就对正常直达信号构成了多径干扰。当存在 M 个多径信号时, 接收信号可表示为:

$$r(t) = \sum_{i=0}^M a_i p(t - \tau_i) \cos(\omega_0 t - \varphi_i) + n(t) \quad (1)$$

式中, a_i 、 τ_i 和 φ_i 分别表示第 i 路信号的幅度、时延和载波相位信息, $i=0$ 代表直达信号; $p(t)$ 为伪随机码; ω_0 是载波角频率; $n(t)$ 为噪声。

下面以相干 DLL 为例进行分析^[4-6], 为简便起见以下分析忽略噪声的影响, 并假设信号环境是静态的, 于是接收信号经过载波解调后, 与“早码” $p(t - \tau_0 - d/2)$ 和“晚码” $p(t -$

$\tau_0 + d/2)$ 分别相关, 可以得到两个相关输出:

$$R_L(\varepsilon) = \sum_{i=0}^M a_i R(\varepsilon - \Delta\tau_i - d/2) \cos(\varphi_i - \varphi_c) \quad (2)$$

$$R_E(\varepsilon) = \sum_{i=0}^M a_i R(\varepsilon - \Delta\tau_i + d/2) \cos(\varphi_i - \varphi_c) \quad (3)$$

式中, $\Delta\tau_i$ 为多径相对时延; ε 为直达信号时延估计误差; $R(\tau)$ 为伪码的相关函数; φ_c 为合成信号的相位。

将式(2)与式(3)相减得到鉴相函数为 $S(\varepsilon) = R_E(\varepsilon) - R_L(\varepsilon)$, 当不存在多径信号时, 跟踪误差 ε 为零的位置对应着鉴相函数的零点, 通过鉴相函数的零值点来跟踪直达信号的时延。但是当多径干扰存在的时候, 自相关函数将发生畸变。图 1 是由 3 个理想自相关函数的叠加而形成的畸变函数, 它们有不同的时延和幅度, 在接收端叠加形成新的自相关函数曲线。

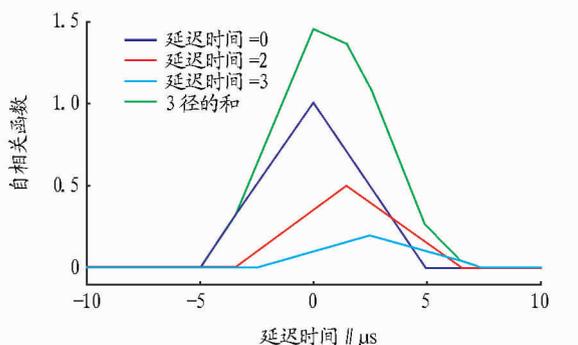


图 1 不同时延的相关函数及叠加

2 系统模型

为了抑制多径干扰, 提出手持 GPS 的短多径干扰抑制算法, 对不同延迟的多径信号进行建模, 在传统 DLL 上增加相关器, 根据相关器的参数规律, 对原有 DLL 进行多径误差修正, 系统模型如图 2 所示。

在 DLL 上增加相关器, 根据相关输出计算衰减系数, 从而进行多径误差估计, 根据误差自动修正伪距, 提高测量精度。而增加的相关器只参与误差的估计, 不参与码及载波的跟踪过程, 因此利用增加相关器的方法在提高定位精度的同时, 不会影响跟踪的效率, 也保留了环路低噪声的性能, 易于

基金项目 中央高校基本科研业务费专项(DL12BB11); 国家自然科学基金项目(31270757)。

作者简介 刘楠(1980-), 女, 黑龙江齐齐哈尔人, 讲师, 博士, 从事无线电导航、GPS 弱信号检测研究。

收稿日期 2014-04-21

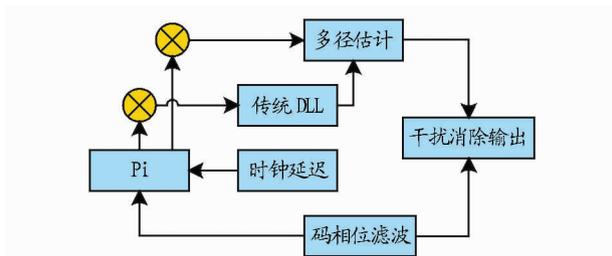


图2 改进 DLL 系统模型

实现。

3 算法流程

图 1 所示,窄相关技术对超过码元宽度的多径干扰具有抑制作用,而对延迟小于码元的短多径失效,因此对接收到的信息用短多径干扰抑制算法进行检测,具体步骤如下。

步骤 1:确定相关器与信号幅值的关系。 $A_i = \frac{I_i}{1 - |l|d/2}$

式中, A_i 为信号幅度; I_i 为相关值; $|l|d/2$ 为相关器延时。

步骤 2:判定条件 $t = a\tau / (a + 1)$,判断 a 若为正数,执行步骤 3,否则执行步骤 4。

步骤 3:计算 α 值。 $\alpha(A_2 - A_0) / A = 2a\tau / (a + 1)$ 。

步骤 4:若 $A_2 - A_0 \neq 0$,计算合成相关函数,否则 $\alpha = 0$ 。

步骤 5:根据 α 值得到多径误差参数,进行测距修正。

由此可见,该研究所提出的算法对于正相短多径干扰差能够有效地修正,而对于反相多径干扰忽略不计,不增加额外误差。

4 试验结果

采用 GPS 卫星 PRN12 的 C/A 码,中频频率 $f_{IF} = 4.309$ MHz,仿真 1 s 的相关器积分为观测量。设直射信号幅度为 1,延迟和载波相位均为 0。多径信号延迟的码片数为 (0.2, 0.5),落在估计点上,其幅度为 (0.5, 0.7),则接收信号如图 3

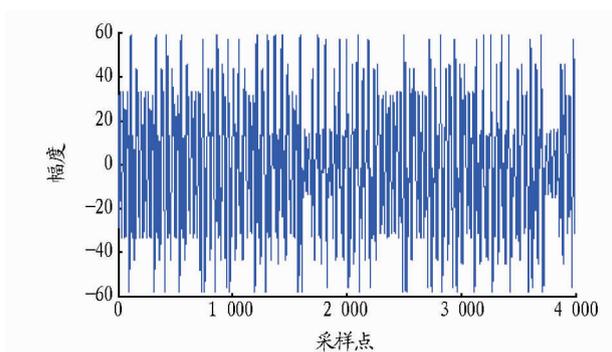


图3 接收信号波形

所示,通过捕获可以初步得出多径信道参数,多径信号的延迟及幅度估计如图 4 所示。

图 5 给出捕获在不同支路个数情况下的检测概率。从图 5 可以看出,由于扩频信号处理,使系统实现在低信噪比情况下获得较好检测效果,随着相关支路数目的增加,在低信噪比情况下,信号的检测概率略有降低,但变化幅度很小。

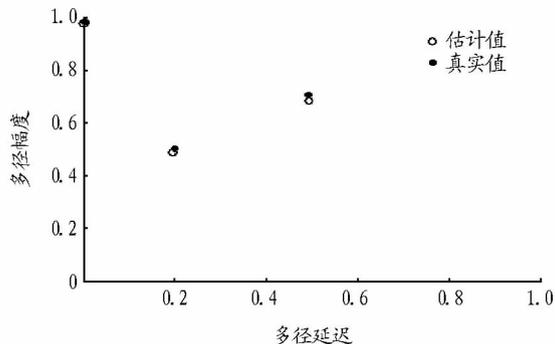


图4 多径延迟估计结果

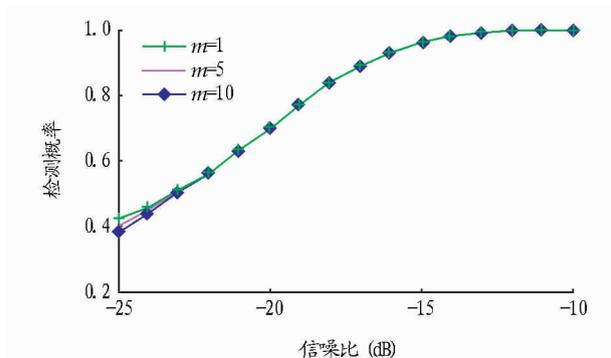


图5 不同相关支路的捕获性能

参考文献

- [1] 聂玉藻,冯仲科. 林冠与山地对 GPS 定位精度的影响及消减对策[J]. 北京林业大学学报,2004,26(2):1-5.
- [2] EVA H, CARBONI S, ACHARD F. Monitoring forest areas from continental to territorial levels using a sample of medium spatial resolution satellite imagery[J]. ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing,2010,65(2):191-197.
- [3] 陈轲,归庆明,岳利群. 一种基于多相关器的 GPS 多径估计方法[J]. 宇航学报,2012,33(9):1241-1247.
- [4] 高帅和,赵琳,郭丽珠. 引入微分控制思想的辅助 GPS 载波跟踪环路设计[J]. 电子学报,2012,3(2):817-820.
- [5] 姚彦鑫,杨东凯. GPS 多径信号的自适应滤波估计方法[J]. 宇航学报,2010,31(10):2004-2008.
- [6] 张慧春,郑加强,周宏平. 精确林业 GPS 信标差分定位精度分析[J]. 农业工程学报,2011,27(7):210-213.

(上接第 4096 页)

- [2] 王蓉芳,曹富友,彭世琪,等. 中国耕地的基础地力与土壤改良[M]. 北京:中国农业出版社,1996.
- [3] 赵丽莉,盛建东,武红旗,等. 博湖县耕地地力评价及其影响因素分析[J]. 新疆农业科学,2013,50(10):1954-1960.
- [4] 罗群胜. 耕地地力评价成果在指导县域农业生产中的应用[J]. 资源与环境科学,2014(5):254-256.
- [5] 黄艳艳,马中文,黄勤,等. 淮南市大通区耕地地力评价及其利用[J]. 中国农业资源与区划,2013,34(2):32-36.

- [6] 李丽,尚庆文. 基于 GIS 的淄博市淄川区耕地地力评价[J]. 山东农业科学,2013,45(11):87-90.
- [7] 王慧. 界首市耕地地力评价及中低产田改良技术措施[J]. 安徽农学通报,2013,19(9):68-75.
- [8] 林志奎. 主成分分析-聚类分析在耕地适宜性评价中的应用——以将乐县万安镇为例[J]. 甘肃教育学院学报,2001,15(2):40-46.
- [9] 刘洁,李宏,高敏华. 农用地定级与基准地价评估研究[J]. 中国农业资源与区划,2011(2):6-12.