

一种抗乘性噪声干扰的小区域 GPS 通信优化算法

董 俊

(湖北第二师范学院 计算机学院, 湖北 武汉 430205)

摘 要: 研究小区域内的 GPS 准确通信问题, 当 GPS 信号穿过电离层时, 会受到电离层中大量电子的影响, 引起乘性噪声; 在城市中心等高强度多径效应条件下, GPS 信号也会受到乘性噪声干扰造成衰减. 传统的 GPS 通信方法在受到乘性噪声干扰下造成 GPS 通信信号衰减, 大幅降低了通信的鲁棒性. 提出了一种基于马尔科夫的小区域内 GPS 通信优化算法, 对采集的 GPS 信号进行粒子滤波处理, 获取 GPS 信号传递过程中的退化程度, 并对其进行补偿. 根据马尔科夫相关理论, 建立 GPS 通信模型, 从而实现小区域内的 GPS 增强通信. 实验结果表明, 这种算法能够有效提高乘性噪声信号干扰下小区域 GPS 通信的准确性.

关键词: 乘性噪声信号干扰; 通信优化; 马尔科夫

中图分类号: F127

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2013)02-0132-04

A Kind of Anti Multiplicative Noise Interference of Small Regional GPS Communication Optimization Algorithm

DONG Jun

(College of Computer Science and Engineering, Hubei University of Education, Wuhan 430205, China)

Abstract: The small area GPS accurate communication problems. When GPS signal through the ionosphere, will be affected by a large number of electric ion in the ionosphere, the influence of cause multiplicative noise. In the city center contour strength multipath effect condition, GPS signal may be affected by multiplicative noise interference caused attenuation. The traditional GPS communication method in by the multiplicative noise interference caused by the GPS communication signal attenuation, sharply reduced communication robustness. Proposed based on markov small area GPS communication optimization algorithm. GPS signal to collect particle filter processing, get GPS signal transfer in the process of degradation degree, and carries on the compensation. According to markov correlation theory, the establishment of GPS communication model, so as to realize the small area GPS enhance communication. The experimental results show that this algorithm can effectively improve the multiplicative noise signal interference small area under the accuracy of GPS communication.

Key words: multiplicative noise signal interference; communication optimization; Markov

1 引言

随着通信卫星技术的快速发展, GPS 通信技术也在不断的发展和普及^[1]. 利用 GPS 通信技术, 能够获取目标的空间位置信息, 从而为公共交通决策提供依据^[2]. 小区域内的 GPS 通信技术已经成为交通管理领域研究的热点问题^[3]. 目前, 主流的 GPS 通信方法包括基于 ARM 的 GPS 通信方法、基于自适应卡尔曼滤波算法的 GPS 通信方法和基于非线性

性估计算法的 GPS 通信方法^[4]. 其中, 最常用的是基于自适应卡尔曼滤波算法的 GPS 通信方法^[5]. 由于小区域 GPS 通信方法应用范围比较广泛, 因此受到了诸多学者的重视, 有广阔的发展空间.

在室内、城市街道和森林等环境下的 GPS 信号受到严重衰减. 在这样的弱信号条件下, 除了要考虑加性噪声的影响, 还需要考虑乘性噪声的影响. GPS 信号从卫星到接收机的过程中, 乘性噪声主要存在于以下两个方面: 当 GPS 信号穿过电离层时, 会受

到电离层中大量电离子的影响,引起乘性噪声;在城市中心等高强度多径效应条件下,GPS信号也会受到乘性噪声的衰减^[6].因此,关于乘性噪声对GPS信号影响的讨论对城市等环境下的GPS信号捕获具有重要意义.传统的GPS通信方法在受到乘性噪声干扰的情况下无法保证信号的准确性,从而降低了小区域内GPS通信的精度.乘性噪声干扰下的优化GPS小区域通信一种是研究的难点.

为了避免上述缺陷,提出了一种基于马尔科夫的小区域内GPS通信优化算法.对采集的GPS信号进行粒子滤波处理,获取GPS信号传递过程中的退化程度,并对其进行补偿.根据马尔科夫相关理论,建立GPS通信模型,从而实现小区域内的GPS通信.

2 传统GPS小区域通信方法原理

2.1 GPS通信原理及过程

利用GPS通信方法,能够获取目标的空间位置信息,从而为公共交通决策提供依据.其步骤如下所述:

设置GPS采样时间间隔是 U ,目标活动区域范围参数是 φ ,GPS通信信道数目是 P ,GPS乘性噪声数目是 N ,乘性噪声与信号接收装置之间的距离是 l ,乘性噪声运动速度是 V ,乘性噪声干扰强度系数是 η ,采集的GPS信号构成的数据集是 $\{c_1, c_2, \dots, c_n\}$.利用下述公式能够建立GPS通信模型,获取目标的空间位置参数:

$$\omega = \frac{\eta^2 U \sum c_j \sqrt{\varphi^2 - 1}}{VP|N-l|} \quad (1)$$

通过上面的公式,能够建立GPS通信模型,从而实现GPS通信.

2.2 乘性噪声的干扰

在室内、城市街道和森林等环境下的GPS信号受到严重衰减.在这样的弱信号条件下,除了要考虑加性噪声的影响,还需要考虑乘性噪声的影响.GPS信号从卫星到接收机的过程中,乘性噪声主要存在于以下两个方面:当GPS信号穿过电离层时,会受到电离层中大量电离子的影响,引起乘性噪声;在城市中心等高强度多径效应条件下,GPS信号也会受到乘性噪声的衰减.在没有乘性噪声干扰的情况下,GPS信号如图1所示.在受到乘性噪声干扰的情况下,GPS信号如图2所示.

小区域中的GPS通信需要满足的要求比较多,对精度的要求也比较高.一旦出现乘性噪声干扰,将

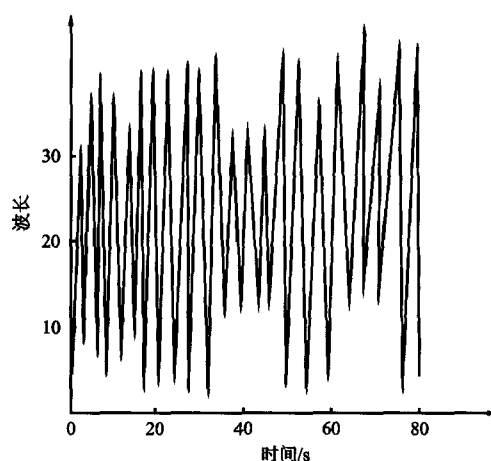


图1 没有乘性噪声干扰时GPS信号波谱

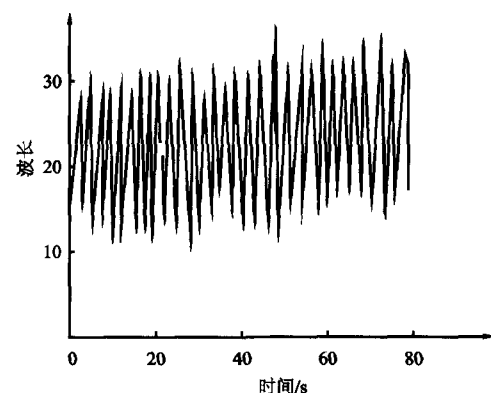


图2 受到乘性噪声干扰时GPS信号波谱

造成GPS信号在传递过程中发生信号强度衰减、退化,导致GPS通信结果不准确,图2中的信号强度发生了较为明显的衰减.传统的GPS通信方法在受到乘性噪声干扰的情况下无法保证信号的准确性,造成GPS通信准确性不高.

3 小区域GPS通信优化方法

小区域内GPS通信优化方法,是公共交通领域需要研究的热点问题.利用传统算法进行小区域内GPS通信,无法避免由于乘性噪声干扰造成的GPS信号在传递过程中发生退化的缺陷,降低了GPS通信的准确性.因此,提出了一种基于马尔科夫的小区域内GPS通信优化算法.

3.1 GPS信号乘性噪声的粒子滤波处理

通过粒子滤波方法,能够计算采集的GPS信号的退化程度,从而对其进行补偿,为小区域GPS通信提供准确的数据基础.

设置采集的GPS通信信号数据集是 $A_{2,l} = \{A_j, j = 1, 2, \dots, l\}$,需要对GPS信号强度系数 Y_l 进行预测,从而得到预测公式如下:

$$\begin{aligned} p(Y_l | A_{2,l-1}) &= \int_{dY_{l-1}} p(Y_l | Y_{l-1}) p(Y_{l-1} | A_{2,l-1}) \\ &= \frac{p(A_l | Y_l) p(Y_{l-1} | A_{2,l-1})}{p(A_l | A_{2,l-1})} \end{aligned} \quad (2)$$

设置 $\{Y_l^k, x_l^k\}_k^P = 1$ 是在 GPS 信号数据集中选取的任意信号波谱宽度, $p(Y_l | Z_{2,l})$ 是后验密度, 粒子的数目是 P , 通常情况下的取值是 5 000, 利用下述公式能够计算 l 时刻的 GPS 通信信号后验密度:

$$p(Y_k | A_{2,l}) = \sum_{k=1}^P x_l^k \epsilon(Y_l - Y_l^k) \quad (3)$$

式中, Y_l 是 GPS 信号状态分量, $\epsilon(\cdot)$ 是微分函数。

利用下述公式能够计算在 l 时刻的 GPS 信号误差:

$$F(Y_l | A_{2,l}) = \sum_{k=1}^P x_l^k Y_l^k, \quad l = 1, 2, \dots \quad (4)$$

利用下述公式能够计算 GPS 通信信号的权值系数:

$$F = x_l^k \propto x_{l-1}^k \frac{p(A_l | Y_l^k) p(Y_l^k | Y_{l-1}^k)}{q(Y_l^k | Y_{l-1}^k, A_{2,l})} \quad (5)$$

式中, $q(\cdot)$ 是信号分布密度, 通常情况下, 需要对 GPS 通信信号进行归一化处理, 因此需要符合下述公式的要求:

$$\sum_{k=1}^P x_l^k = 1 \quad (6)$$

在 GPS 通信过程中, 需要使用的 GPS 信号状态模型如下所述:

$$p(Y_l^k | Y_{l-1}^k) \sim P(Y_l^k, R_{l-1}) \quad (7)$$

其中, R_{l-1} 是 GPS 信号噪声方差。

在粒子滤波过程中, 能够利用下述公式计算 GPS 信号退化参数:

$$F_k = \frac{1}{\sum_{k=1}^P (x_l^k)^2} \quad (8)$$

根据上面阐述的方法, 能够利用粒子滤波方法获取 GPS 信号的退化参数, 用来描述 GPS 信号在传递过程中的退化情况, 并对其进行补偿, 从而提高信号的准确性, 为小区域内 GPS 通信优化提供准确的数据基础。

3.2 建立 GPS 通信干扰补偿模型

根据上面得到的 GPS 信号, 能够建立 GPS 通信模型, 从而实现小区域内 GPS 通信。其步骤如下所述:

设置 S_{ju} 是 u 时刻 GPS 乘性噪声 j 与信号接收

装置之间的实际长度, 利用下述公式能够描述:

$$S_{ju} = \sqrt{(Y_{su} - Y_{ju})^2 + (Z_{su} - Z_{ju})^2 + (A_{su} - A_{ju})^2} \quad (9)$$

利用下述公式能够描述二者之间的理想长度:

$$\sigma_{ju} = S_{ju} + d\epsilon u_u + \lambda_u + w_{ju} \quad (10)$$

其中, λ_u 是 GPS 信号接收装置通道的系统误差。根据多普勒频移给出的 GPS 信号接收装置的数据, 能够利用下述公式描述理想的多普勒频移参数:

$$E_{Fju} = [(Y_{su} - Y_{ju})(Y'_{su} - Y'_{ju}) + (Z_{su} - Z_{ju})(Z'_{su} - Z'_{ju}) + (A_{su} - A_{ju})(A'_{su} - A'_{ju})] / S_{ju} + d\epsilon' u \quad (11)$$

式中, $Y'_{su}, Z'_{su}, A'_{su}$ 是 u 时刻 GPS 信号接收装置在坐标系不同方向的运行速度, $Y'_{ju}, Z'_{ju}, A'_{ju}$ 是 u 时刻乘性噪声在坐标系不同方向的运行速度。

在 GPS 信号接收装置中, 载波相位与粗码的波谱频率存在差异, 造成在 ICP 和理想长度之间存在时钟偏转。因此, 可以利用下述公式描述多普勒频移:

$$E_{ju} = E_{Fju} + \epsilon S_u \quad (12)$$

其中, ϵS_u 是时钟偏转造成的长度差值。由于全部 GPS 信号通信信道的频率是相同的, 所以在 u 时刻, 这些信道的 ϵS_u 相同。因此, 能够得到乘性噪声观测结果如下:

$$z_j = [\sigma_{1u}, \sigma_{2u}, \dots, \sigma_{pu}, E_{1u}, E_{2u}, \dots, E_{pu}]^T \quad (13)$$

其中, 用于观测的 GPS 乘性噪声数量是 p 。

小区域内 GPS 通信优化模型的主要元素包括在标准坐标系中的 GPS 接收装置的空间坐标参数, 在不同方向的运行速度, 时钟偏转参数和 ϵS_u , 根据马尔科夫相关理论, 能够建立 GPS 通信模型如下:

$$\begin{bmatrix} d\epsilon u_{u+1} \\ d\epsilon' u_{u+1} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 & U \\ 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} d\epsilon u_u \\ d\epsilon' u_u \end{bmatrix} + d \begin{bmatrix} x_{1u} \\ x_{2u} \end{bmatrix} \quad (14)$$

$$R_\varphi = F \{ x\epsilon u \quad x\epsilon' u \} = \begin{bmatrix} R_{11} & R_{12} \\ R_{21} & R_{22} \end{bmatrix} \quad (15)$$

$$\begin{cases} R_{11} = \frac{i_0}{2} U + 2i_{-1} U^2 + \frac{2}{3} \pi^2 i_{-2} U^3 \\ R_{12} = 2i_{-1} U + \pi^2 i_{-2} U^3 \\ R_{22} = \frac{i_0}{2U} + 2i_{-1} + \frac{8}{3} \pi^2 i_{-2} U \end{cases} \quad (16)$$

其中, ϵu_u 是时间变化参数, $\epsilon' u_u$ 是时间变化率; U 是 GPS 信号采集周期, $x\epsilon_u = (x_{1u}, x_{2u})^T$, i_0, i_{-1} 和 i_{-2} 是时钟标准参数, 其取值都是常数。

通过上面阐述的方法, 可以对采集的 GPS 信号进行粒子滤波处理, 获取 GPS 信号传递过程中的退化程度, 并对其进行补偿。根据马尔科夫相关理论,

建立GPS通信模型,从而实现小区域内的GPS通信。

4 实验结果分析

为了验证本文算法的有效性,需要进行一次实验。采集某乘性噪声2010年7月13日的GPS信号,信号采集时间间隔是20s,乘性噪声运行速度是12km/s,采集信号数目是1000个。目标实际空间位置坐标是(0.35,0.27,0.49)。分别利用下述4种方案进行GPS通信:

方案1:基于ARM的GPS通信方法;

方案2:基于自适应卡尔曼滤波算法的GPS通信方法;

方案3:基于非线性估计算法的GPS通信方法;

方案4:基于马尔科夫算法的GPS通信方法。

在GPS通信过程中,GPS信号接收装置的立体空间位置、运行速度和时钟偏转是状态分量,即 $Y_L = (y_L, z_L, a_L, dU_L, y'_L, z'_L, a'_L)$,初始值是根据采集的GPS信号单点确定的,通信过程中的噪声方差矩阵是 R_0 ,观测噪声矩阵是 S_0 ,调整系数是1。将方案1~3的结果与方案4的结果进行对比。

当乘性噪声干扰强度系数是 1×10^2 时,目标坐标差如图3所示。

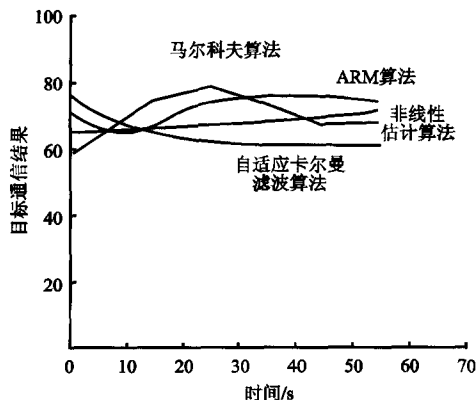


图3 乘性噪声干扰较小时GPS通信结果

根据图3能够得知,在乘性噪声干扰强度较小的情况下,利用方案1~4进行GPS通信,获取的目标空间位置误差较小。当乘性噪声干扰强度系数是 1×10^2 时,利用不同方案获取的GPS通信结果如表1所示。

当乘性噪声干扰强度系数是 1×10^5 时,目标坐标差如图4所示。

根据图4能够得知,在乘性噪声干扰强度较大的情况下,利用方案1~3进行GPS通信,获取的目标空间位置误差较大。利用方案4进行GPS通信,

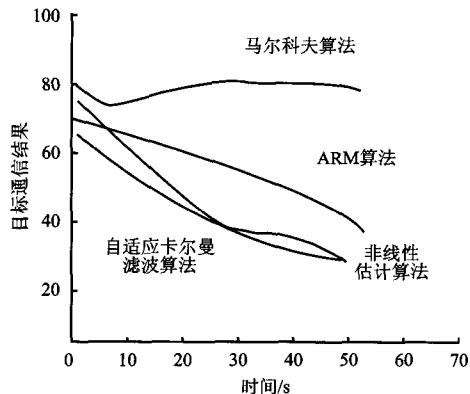


图4 乘性噪声干扰较大时GPS通信结果
获取的目标空间位置误差较小。

表1 乘性噪声干扰较小时GPS通信数据表

算法	目标空间位置坐标		
	X轴	Y轴	Z轴
ARM算法	0.36	0.26	0.48
自适应卡尔曼滤波算法	0.34	0.25	0.47
非线性估计算法	0.34	0.26	0.47
马尔科夫算法	0.35	0.28	0.49

当乘性噪声干扰强度系数是 1×10^5 时,利用不同方案获取的GPS通信结果如表2所示。

表2 乘性噪声干扰较大时GPS通信数据表

算法	目标空间位置坐标		
	X轴	Y轴	Z轴
ARM算法	0.33	0.31	0.45
自适应卡尔曼滤波算法	0.41	0.23	0.51
非线性估计算法	0.39	0.25	0.52
马尔科夫算法	0.36	0.27	0.48

根据图3和图4能够得知,利用方案1~3进行GPS通信,一旦受到干扰,将造成GPS通信准确性降低。而利用方案4进行GPS通信,获取结果的准确性较高。对利用不同方法获取的结果进行对比分析,能够得知利用本文方法进行小区域GPS通信的准确性高于传统方法。通过上述分析能够得知,本文提出的基于马尔科夫的小区域内GPS通信优化算法与传统算法相比,存在较大的优越性。这种算法能够克服由于乘性噪声干扰造成的GPS信号在传递过程中发生退化的缺陷,取得了比较准确的通信结果。因此,可以将这种算法广泛应用于公共交通领域,有较好的发展前景。

5 结束语

本文提出了一种基于马尔科夫的小区域内GPS通信优化算法。对采集的GPS信号进行粒子滤波
(下转第139页)

5 结束语

当今,网上购物已成为流行的商业运营模式.商业机构掌握了客户的大量购物信息,包括用户的身份标识、性别、地址、邮政编码等信息.当进行信息分析时,为了保护消费者的隐私,防止外部攻击,商业机构在发布信息时,既要保护消费者的隐私,又要对数据进行分析.

本文在K-匿名定义的基础上,给出了数据发布前的处理方法,即使用重编码方法对标识客户身份的信息进行隐藏;采用信息泛化方法保护标识符,以Adult数据库为数据源分析了泛化层、信息丢失率和 k 之间的关系.商家依据了具体的数据库,按照重编码、泛化、分析等步骤选取合适的泛化结果,可以在保证隐藏消费者信息的同时,提供数据的可分析性.

参考文献:

- [1] Samarati P. Protecting respondents identities in microdata release[J]. IEEE Trans on Knowledge and Data Engineering, 2001, 13(6): 1010-1027.
- [2] Sweeney L. Achieving K-anonymity privacy protection using generalization and suppression[J]. Int'l Journal on

Uncertainty, Fuzziness and Knowledge Based Systems, 2002, 10(5): 571-588.

- [3] Sweeney L. K-Anonymity: A model for protecting privacy[J]. Int'l Journal on Uncertainty, Fuzziness and Knowledge Based Systems, 2002, 10(5): 557-570.
- [4] Sweeney L. Achieving k-anonymity privacy protection using generalization and suppression[J]. International Journal on Uncertainty, Fuzziness and Knowledge-based Systems, 2002: 571-588.
- [5] LeFewe KDeWm DJ, Ramakrishnan R. Incognito: Efficient full-domain K-anonymity[J]. Ozcan F, ed. Proc of the Int'l Conf. on Management of Data. Maryland: ACM Press, 2005: 49-60.
- [6] Wong RC, Li J, Fu AW, Wang K. (α, κ) -Anonymity: An enhanced K-anonymity model for privacy-preserving data publishing[C]//Eliassi-Rad T, Ungar LH, Craven M, Gunopulos D, eds. Proc of the 12th Int'l Conf on Knowledge Discovery and Data Mining. New York: ACM Press, 2006: 754-759.

作者简介:

解争龙 男, (1961—), 硕士, 教授. 研究方向为计算机网络与信息安全.

(上接第135页)

波处理, 获取GPS信号传递过程中的退化程度, 并对其进行补偿. 根据马尔科夫相关理论, 建立GPS通信模型, 从而实现小区域内的GPS通信. 实验结果表明, 这种算法能够有效提高乘性噪声干扰下的小区域GPS通信的准确性, 取得了很好的效果.

参考文献:

- [1] 何小卫, 王爱华, 马跃. 基于GPRS的GPS车载终端通信技术研究[J]. 计算机应用, 2008(11): 2952-2954.
- [2] 冯正, 韩焱, 王黎明. 多线程串口通信技术在GPS导航中的应用[J]. 现代电子技术, 2009(5): 28-30.

- [3] 龚福祥, 王庆, 张小国. 通信网络中的GPS/TDOA混合定位算法[J]. 中国惯性技术学报, 2011(2): 209-213.
- [4] 曹洁, 郭春禹. GSM模块对终端GPS数据的通信实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2010(11): 1068-1073.
- [5] 姚西峰, 钱峰, 田蔚风. 基于粒子滤波的GPS/DR组合导航算法研究[J]. 计算机仿真, 2008(7): 262-264.
- [6] 朱星, 许强, 周建斌. 基于GPS/GPRS滑坡位移监测系统的研制及应用[J]. 计算机测量与控制, 2011(10): 2373-2376.

作者简介:

董俊 女, (1975—), 硕士, 讲师. 研究方向为计算机应用.