

利用双频载波相位观测值解算整周模糊度

王仁谦 郭力群 朱建军

(华侨大学土木工程系, 福建 泉州 362021; 中南大学信息物理学院, 湖南 长沙 410083)

摘要 频率不同, 波长也不同, 两种载波的相位差随着传播路径的不同而变化. 根据两种载波相位观测值, 可求整周模糊度. 此模糊度解也具有多值性. 通过 C/A 码伪距观测值提供约束, 缩小模糊度解的空间. 最后, 采用最小二乘平差和 RATIO 检验获得整周模糊度的惟一解.

关键词 双频接收机, 伪距测量, 相位测量, 整周模糊度

中图分类号 TN 850.4 P 228.4

文献标识码 A

GPS 载波相位测量将测量精度提高到厘米甚至毫米级精度, 使得它的应用越来越广泛. 对于 GPS 相位测量, 无论是动态还是静态测量, 是单点定位还是差分定位, 其获得高精度定位结果的关键问题是快速、正确地求解整周模糊度^[1,2]. 因此, 寻找一种单历元快速解算整周模糊度的方法是很有吸引力^[3,4]. 本文提出了一种利用双频相位观测值及 C/A 码伪距观测值, 快速解算单历元整周模糊度的方法. 该法解算速度快、可靠性高、可区分性强, 在理论上只需单历元相位观测值, 不必考虑卫星的发布.

1 解算整周模糊度的原理及步骤

GPS 卫星信号分别调制在两个载波频率上, 双频 GPS 接收机可以获得两个载波频率的相位观测量. 由于两个频率都是在基本频率 $f_0 = 10.23 \text{ MHz}$ 控制下产生的 ($f_1 = 154f_0, f_2 = 120f_0$), 两种载波波长的比 $\lambda_1/\lambda_2 = f_2/f_1 = 60/77$. 两种载波相位之差随 N_i 的变化而变化, 经过一定的周期 ($N_1 = 77, N_2 = 60$) 之后两种载波相位对齐, 即相位差为零. 因此, 可以利用两种载波相位观测值的这一特点, 通过两种载波相位观测值求差来快速解算整周模糊度. 当不考虑观测误差时, 测站到卫星的距离可表示为

$$\rho = \lambda_1(N_1 + \alpha_1) = \lambda_2(N_2 + \alpha_2), \quad (1)$$

式(1)中, ρ 为测站到卫星的距离, N_1, L_1 为相位观测值的整周数, N_2, L_2 为相位观测值的整周数, α_1, L_1 为的相位观测值不足整周的小数部分, α_2, L_2 为的相位观测值不足整周的小数部分. 由式(1)可得

$$N_1 = N_2 \lambda_2 / \lambda_1 + (\alpha_2 \lambda_2 / \lambda_1 - \alpha_1). \quad (2)$$

式(2)为斜率 $\lambda_2/\lambda_1 = 77/60$, 截距为 $w = \alpha_2 \lambda_2 / \lambda_1 - \alpha_1$ 的直线. 该直线与格网的交点即为式(2)的解.

假设 N_2^0, N_1^0 为式(2)的一组解, 令 $N_2 = N_2^0 + 60k$ (k 为任意整数), 代入式(2)中, 可得

$$N_1 = 77(N_2^0 + 60k)/60 + (77\alpha_2/\lambda_1 - \alpha_1) = N_1^0 + 77k. \quad (3)$$

因此, N_1, N_2 的解分别以 77 和 60 为周期. 根据式(2)可以把搜索空间压缩为 $1/4620$. 由于截距 $w = \alpha_2 \lambda_2 / \lambda_1 - \alpha_1$ 有误差, 假设 α_1, α_2 服从正态分布, 其方差 $\sigma^2 = 0.01$, 则 w 也服从正态分布. 其方差 $\sigma_w^2 = (\alpha_2 \lambda_2 / \lambda_1 - \alpha_1)^2 + 1/\lambda_1^2 = 0.00026$, 则 w 在 $w \pm 0.05$ 范围内的频率是 99.7%. 由此, 可以得到两条直线方程为

$$N_1 = 77N_2/60 + w \pm 0.05. \quad (4)$$

由上述两直线所围成的区域为 N_1, N_2 的值域, 所以落入该区域的格网点即为 N_1, N_2 的解, 如图 1 所

收稿日期 2004-02-05

作者简介 王仁谦(1958-), 男, 副教授, 在职博士, 主要从事测量数据处理与 GPS 定位动态定位的研究. E-mail: re-qianw@hqu.edu.cn

基金项目 教育部博士点科研基金资助项目(2000053315)

示. 由于 w 的误差, 使得 N_1, N_2 的解的周期变小, 即在 $N_2 = 1 \sim 60$ 中增加了大约 6~7 个格网点落入解域而成为可能解. 因此, 考虑 w 的误差后模糊度搜索空间至少可压缩为 $1/660$. 解算式 (4) 时, 可以根据双频载波相位观测值求 w . 采用循环搜索, 分别令 $N_2 = 1 \sim 60$, 代入 $N_1 = 77N_2/60 + w$, 可求得 N_1 . 当 N_1 与整数之差小于 ± 0.05 时为可能解.

2 利用 C/A 码约束缩小整周模糊度的解空间

对于一个历元的 C/A 码和载波观测值, 可得

$$P = (N_i + i) \lambda_i, \quad (5)$$

P 为 C/A 码伪距观测值. 经整理, 可得 $N_i = P/\lambda_i - i$, $\frac{2}{\lambda_i} = \frac{2}{\lambda_p}$. 约束 $N_i = (P/\lambda_i - i) \pm 3$. 该约束把模糊度解缩小到 5~7 对. 最后, 把剩余的模糊度解作为已知值, 采用最小二乘平差求待测点坐标, 并对残差采用 RATIO 检验. 由于相邻整周模糊度可行解相差 9 周以上, 错误解相当于粗差, 很容易剔除. 因此, 一般单历元就可获得模糊度解. 如果采用双差相位观测值, 同样可以得到方程为

$$\nabla N_{1ab}^{ij} = (77/60) \nabla N_{2ab}^{ij} = (77/60) \nabla N_{2ab}^{ij} - \nabla N_{1ab}^{ij} = (77/60) \nabla N_{2ab}^{ij} + w, \quad (6)$$

$$\nabla N_{1ab}^{ij}, \nabla N_{2ab}^{ij} \text{ 解的周期分别为 77 和 60. 双差伪距约束条件为 } \nabla N_{1ab}^{ij} = (\nabla P/\lambda_1 - \nabla i_{ab}) \pm 3.$$

3 结束语

本文提出的利用双频相位观测值求解整周模糊度的方法, 计算简单、速度快、精度与成功率高、可靠性与可区分性强. 通常只要单历元, 即可解算整周模糊度. 它是一种实用的计算方法, 既可以用于快速动态定位和单点定位, 也可以用于相对静态定位和相对动态定位.

参 考 文 献

- 1 Hofmann-Wellenhof B, Lichtenegger H, Collins J. Global positioning system: Theory and practice[M]. New York: Springer Verlag, 1992. 205~213
- 2 Teunisse P J G. The least-square ambiguity decorrelation adjustment: A method for fast GPS integer ambiguity Estimation [J]. Journal of Geodesy, 1995, 70(1): 65~82
- 3 胡丛玮, 刘大杰. 单历元确定 GPS 整周模糊度的分析[J]. 南京: 南京航空航天大学学报, 2001, 33(3): 267~271
- 4 陈永奇, James L. 单历元 GPS 变形监测数据处理方法的研究[J]. 武汉测绘科技大学学报, 1998, 23(4): 324~363

Resolving Integer Ambiguity of Global Positioning System by Using Observed Value of Dual Frequency Carrier Phase

Wang Renqian Guo Liquan Zhu Jianjun

(Dept. of Civil Eng., Huaqiao Univ., 362021, Quanzhou, China;

College of Info. Phy., Central South Univ., 410083, Changsha, China)

Abstract The characteristic of two kinds of carriers is analysed. They are different in frequency, so also in wavelength. Their phase difference changes with the difference of propagath path. Therefore, the integer ambiguity of carrier phase can be resolved according to observed value of two kinds of carrier phase. This ambiguity resolution is multiple-valued. With the constraint offering by observed value of C/A code range measure, the space of ambiguity is reduced. The unique resolution of integer ambiguity is finally obtained by adopting least square error and RATIO test.

Keywords dual frequency receiver, code range measure or pseudo-distance measurement, phase measurement, integer ambiguity

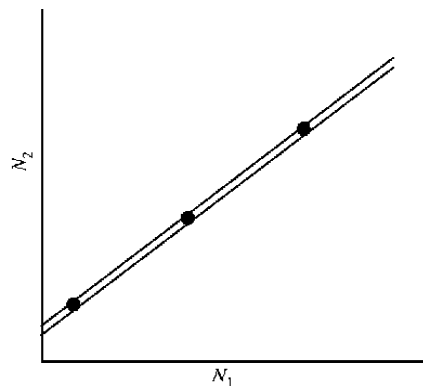


图1 整周模糊度解域