

GPS/GLONASS 组合定位在 LBS 系统中的应用^①

徐辛超¹, 徐爱功¹, 苏丽娟², 徐宗秋¹

¹(辽宁工程技术大学 测绘与地理科学学院, 阜新 123000)

²(北京交通大学, 北京 100044)

摘要: 研究了 GPS 和 GLONASS 之间坐标系统和时间系统的转换关系, 结合单系统伪距定位观测方程, 推导出组合定位下的伪距观测方程及其求解方法, 并编程实现。实验分析表明, GPS/GLONASS 组合定位在观测条件不好的情况下, 定位精度明显优于单定位系统。应用于 LBS 系统, 将提高 LBS 的服务质量, 推动 LBS 的发展。

关键词: LBS; GPS; GLONASS; 伪距; 组合定位

GPS / GLONASS Combination Positioning in LBS

XU Xin-Chao¹, XU Ai-Gong¹, SU Li-Juan², XU Zong-Qiu¹

¹(School of Geomatics, Liaoning Technical University, Fuxin 123000, China)

²(Schools of Civil Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: This paper studies the coordinate systems and the time conversion relationship between GPS and GLONASS, combined with the observation equation of a single Pseudo-range positioning system. It deduces Pseudo-range observation equation under integrated positioning and its solution, then programming it. Experimental analysis shows that positioning accuracy of GPS / GLONASS integrated system is much better than a single positioning system in the case of poor observing conditions. Applied to LBS System, this system will improve the quality of LBS and promote the development of LBS.

Keywords: LBS; GPS; GLONASS; pseudo-range; integrated positioning

1 引言

LBS(LocationBased Services)称为基于位置的服务。完整的 LBS 系统应该包括移动服务中心、通信网络、定位系统和智能终端几大部分^[1]。

目前 LBS 系统中常用的定位方式主要有基于移动网络的定位和 GPS 定位两种方式^[2]。基于移动网络的定位一般精度很低。GPS 定位在环境较为复杂的区域定位精度会明显降低。绝大多数个人手持设备用户在高楼密集的城镇地区。在高楼之间、树下、高架道路下等环境里, 由于受到遮蔽, 卫星信号非常微弱, 普通的卫星导航接收机已无法定位。GPS/GLONASS 组合定位已经成为一种趋势^[3], 它可以大大提高可见卫星的数量, 从而为 LBS 解决这一难题提供了基础。

GPS/GLONASS 组合定位技术在本世纪初期发展较好, 后由于俄罗斯经济衰退导致系统失去原有的定位精度。经过近年来俄方政府的努力, 目前仍有 16 颗卫星能够正常工作。GPS/GLONASS 组合定位可提高观测结果的精度和可靠性。此外, GPS 和 GLONASS 系统还具有良好的兼容性和互补性, 提高了系统的完善性。

2 GPS/GLONASS组合定位LBS系统

GPS/GLONASS 组合伪距定位应用于 LBS 系统, 可以为客户提供高精度定位信息, 在此基础上推出的最优路径信息、周边信息查询等多种服务将更加准确。系统主要组合定位的用户终端和中心服务台组成。用

① 基金项目:辽宁省高等学校重点实验室项目(2009S049);辽宁省高等学校创新团队项目(2008T085,2007T072)

收稿时间:2010-08-23;收到修改稿时间:2010-10-14

户终端基于 GPS/GLONASS OEM 模块开发, 16GPS 和 GLONASS 并行通道, 可接收更多卫星信号, 确保定位信息的准确性。服务台负责响应客户的服务请求。系统基本机构如图 1。

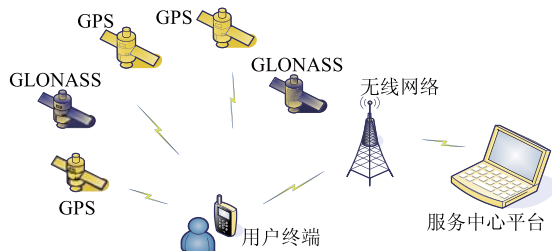


图 1 系统基本机构

当用户发出服务请求时, 终端首先进行定位数据采集, 并根据组合伪距定位方程进行位置计算。当同时收到 GPS 和 GLONASS 时, 系统首先根据观测文件, 分别计算不同的卫星位置, 将两者的时间系统和坐标系统进行统一后, 进行最终定位解算。在收到单独的卫星信号时, 需根据各自的情况进行解算。服务台从用户请求中提取出定位信息, 然后通过中心平台进行 GIS 处理, 如: 进行最优路径分析、周边重要地物信息以及其它服务等, 然后将分析结果进行反馈。

3 GPS/GLONASS 组合定位

尽管 GLONASS 与 GPS 的系统构成、定位原理相类似, 但在具体实现和数据处理上存在一定的差异。因此首先应进行两个系统的坐标系统和时间系统的统一, 再按照组合定位观测方程进行解算。

3.1 GPS/GLONASS 时间系统

GPS 采用的时间系统为 GPS 时(GPST), GLONASS 采用的时间系统是 GLONASS 时(GLONASST)。两者均属于原子时系统, 采用的时间基准分别为 UTC (USNO)时间基准和 UTC (SU)时间基准。GPST 与基准相差为整数跳秒。GLONASST 相差 3h^[4], 有小于 1 的系统差, 而没有跳秒差。二者与基准 UTC 之间的转换关系如下:

$$GPST = UTC + \Delta t + dt^P - 19^S \quad (1)$$

$$GLONASST = UTC + 3^h + dt^l \quad (2)$$

3.2 GPS/GLONASS 坐标系统

GPS 系统中使用的是 WGS-84 坐标系统, 而 GLONASS 系统使用的是 PZ-90 坐标系统^[5]。进行联合

数据处理时, 必须进行坐标系统的转换。大地直角坐标转换主要有三种模型: 布尔莎模型、莫洛金斯模型、武测模型。本文采用了文献[6]中的转换参数, 坐标转换公式如下:

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{WGS-84} = \begin{bmatrix} 1.0 & -1.9 \times 10^{-6} & 0.0 \\ 1.9 \times 10^{-6} & 1.0 & 0.0 \\ 0.0 & 0.0 & 1.0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix}_{PZ-90} + \begin{bmatrix} 0.0 \\ 2.5 \\ 0.0 \end{bmatrix} \quad (3)$$

3.3 组合伪距观测模型

在 GPS/GLONASS 组合的条件下, 设 GPS+GLONASS 组合接收机 i, 观测了第 j 颗卫星(GPS 或者 GLONASS), 则相应的伪距观测方程可以写为:

$$\rho_i^j = R_i^j + C\delta t_i - C\delta t^j + C\Delta T_i^{j, trop} + C\Delta T_i^{j, ion} \quad (4)$$

式中, δt_i 为接收机钟差, 若为 GPS 伪距时则为 $\delta t_{i, gps}$; 若为 GLONASS 观测伪距时则为 $\delta t_{i, glonass}$ 。 δt^j 为第 j 颗卫星的钟差, 同理, 当观测卫星为 GPS 卫星时为 $\delta t^{j, gps}$; 观测卫星为 GLONASS 卫星时, 记作 $\delta t^{j, glonass}$ 。 $\Delta T_i^{j, trop}$ 和 $\Delta T_i^{j, ion}$ 为对流层和电离层延迟。由于 GPS 和 GLONASS 卫星信号差异, 因此也需要进行分别考虑。

通常情况下, 卫星钟差、对流层延迟和电离层延迟会在导航电文中给出, 所以我们假定它们已经被补偿掉了。得到组合伪距观测方程为:

$$\rho_i^j = R_i^j + C\delta t_i \quad (5)$$

由于两个系统的时间偏差不同, 组合伪距观测方程式中相对于 5 式的观测方程要多一个钟差。因此, 观测卫星的个数也要上升到 5 个。此外, GPS 和 GLONASS 分别采用了 WGS84 和 PZ-90 坐标系, 在进行卫星位置计算的时候要统一到同一坐标系下^[7,8]。

3.4 组合伪距观测方程求解

利用近似位置 $(\hat{x}_u, \hat{y}_u, \hat{z}_u)$ 和时间偏差估计值 $\hat{\delta t}_u$ 两个系统之间的时钟差估计值, 可以计算出一个近似伪距^[9]:

$$\hat{\rho}_i = \sqrt{(x_i - \hat{x}_u)^2 + (y_i - \hat{y}_u)^2 + (z_i - \hat{z}_u)^2} + C\hat{\delta t}_u \quad (6)$$

认为未知的用户位置和接收机时钟偏差由近似分量和增量两部分组成, 即

$$\left. \begin{aligned} x_u &= \hat{x}_u + \Delta x \\ y_u &= \hat{y}_u + \Delta y \\ z_u &= \hat{z}_u + \Delta z \\ \delta t_u &= \hat{\delta t}_u + \Delta t_u \end{aligned} \right\} \quad (7)$$

按照泰勒级数展开, 并将方程线性化以后, 可得

到:

$$\rho_j = \hat{\rho}_j - \frac{(x_j - \hat{x}_u)}{\hat{r}_j} \Delta x + \frac{(y_j - \hat{y}_u)}{\hat{r}_j} \Delta y + \frac{(z_j - \hat{z}_u)}{\hat{r}_j} \Delta z + C \Delta t_u$$

(8)

式中, $\hat{r}_j = \sqrt{(x_j - \hat{x}_u)^2 + (y_j - \hat{y}_u)^2 + (z_j - \hat{z}_u)^2}$

将上式简化为

$$\Delta \rho = a_{xj} \Delta x + a_{yj} \Delta y + a_{zj} \Delta z - c \Delta t_u$$

其中, $a_{xj} = \frac{(x_j - \hat{x}_u)}{\hat{r}_j}$, $a_{yj} = \frac{(y_j - \hat{y}_u)}{\hat{r}_j}$, $a_{zj} = \frac{(z_j - \hat{z}_u)}{\hat{r}_j}$,

$$\Delta \rho = \hat{\rho}_i - \rho_j$$

将不同卫星的观测值组成方程组, 简化为矩阵形式, 可得:

$$\Delta \rho = A \Delta x$$

$$\Delta \rho = \begin{bmatrix} \Delta \rho_1 \\ \Delta \rho_2 \\ \Delta \rho_3 \\ \Delta \rho_4 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{y1} & a_{z1} & 1 \\ a_{x2} & a_{y2} & a_{z2} & 1 \\ a_{x3} & a_{y3} & a_{z3} & 1 \\ a_{x4} & a_{y4} & a_{z4} & 1 \end{bmatrix} \quad \Delta x = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ -c \Delta t_u \end{bmatrix}$$

最终可求得:

$$\Delta x = A^{-1} \Delta \rho$$

在解组合伪距定位方程组的时候 Δt_u 会变成两个分量, 即 GPS 的 Δt_{gps} 和 GLONASS 的 Δt_{glo} 。将不同卫星的观测值组成观测方程组。矩阵形式为:

$$\Delta \rho = \begin{bmatrix} \Delta \rho_1 \\ \Delta \rho_2 \\ \Delta \rho_3 \\ \Delta \rho_4 \\ \Delta \rho_5 \end{bmatrix} \quad A = \begin{bmatrix} a_{x1} & a_{y1} & a_{z1} & 1 & 1 \\ a_{x2} & a_{y2} & a_{z2} & 1 & 1 \\ a_{x3} & a_{y3} & a_{z3} & 1 & 1 \\ a_{x4} & a_{y4} & a_{z4} & 1 & 1 \\ a_{x5} & a_{y5} & a_{z5} & 1 & 1 \end{bmatrix} \quad \Delta x = \begin{bmatrix} \Delta x \\ \Delta y \\ \Delta z \\ c \Delta t_{gps} \\ c \Delta t_{glo} \end{bmatrix}$$

最终求解得到:

$$\Delta x = A^{-1} \Delta \rho$$

当观测卫星数目大于 5 颗时候, 求解非线性方程组的方法有闭合形式解, 基于线性化的迭代技术(最小二乘)和卡尔曼滤波。本文在数据处理时采用了常用的最小二乘法。

4 实验分析

4.1 组合数据处理流程

在同样的观测条件下, 由于 GPS 与 GLONASS 的数据格式不同, 因此需要将二者的数据都转化为 RINEX 格式后再进行处理。数据综合处理过程如下:

- 1) 根据相应的星历, 求解卫星位置;

2) 根据 3.2 节中的转换模型将位置转换到同一坐标系下;

3) 将数据融合后, 组成伪距观测方程组;

4) 运用最小二乘法进行用户位置求解;

5) 误差分析, 得出定位结果。

4.2 实验结果数据分析

基于 GPS/GLONASS OEM 模块, 在观测条件不是很好的已知点提取记录了近半小时的观测数据, 采样率为 5S。得到观测单 GPS 和 GPS/GLONASS 混合两种算法的定位结果。由于在 LBS 定位中很少涉及到 Z 方向, 所以在此只列出 X 和 Y 方向上的偏差, 分别如图 2 和图 3 所示。

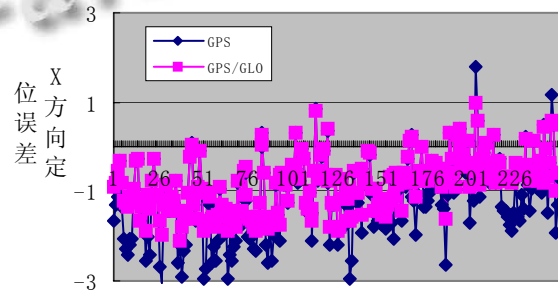


图 2 X 方向上的偏差

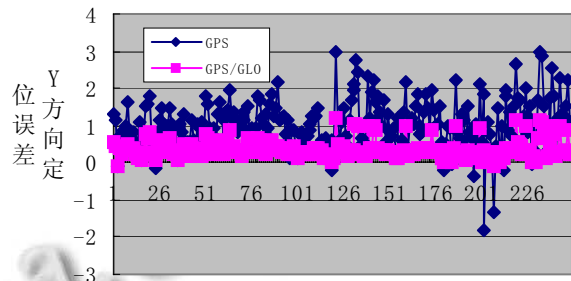


图 3 Y 方向上的偏差

图中列出了 250 个历元的定位数据。由上面的定位结果可以得到, 单 GPS 情况下定位精度在 X 方向仅为 -1.133, 而改用 GPS/GLONASS 组合后可以提高至 -0.851。单 GPS 情况下 Y 方向定位精度仅为 1.034, 而改用 GPS/GLONASS 组合后可以提高至 0.355。特别是在观测条件不是很好的地方, 单系统情况下在某一时刻, 可能会出现观测卫星数目较少。PDOP 值较大的情况。在这种情况下, 运用 GPS/GLONASS 组合应用由于可见卫星增多, PDOP 值也得到相应的改善, 定位精度会更高。

在提高定位精度的基础上, 在 LBS 系统中, 如: 地理信息查询、最优路径查询、轨迹回放、物流配

送、紧急求助等服务,对于位置的依赖性比较强,定位信息的准确性直接影响了服务的质量。特别是在市区等观测条件不是很好的区域,单GPS定位就显得力不从心,定位误差被扩大。GPS/GLONASS组合定位大大提高了可见卫星的数目,为定位的精度和准确性提供了保障,也为服务商提供更优质的服务提供了保障。

5 结论

本文对GPS/GLONASS组合伪距定位在LBS系统中的应用进行了分析,重点推导了GPS/GLONASS组合伪距定位观测方程的组成及其求解。编程实现了将不同卫星系统的时间和坐标系统进行统一,运用组合伪距观测方程组进行定位。系统通过实际测试,运用组合定位后的定位精度和可靠

性要远高于单系统,特别是在观测条件不好的情况下。GPS/GLONASS组合伪距定位LBS系统,实用性更好,定位精度提升,可靠性更高。随着技术的发展,将来可以将GNSS技术用于LBS系统中,定位更加准确,服务更加优质。

(上接第64页)

可靠中继多播方案,本方案的基本思想是让一部分接收节点担当信源节点的发送任务,以中继的形式完成链路失效率较高的节点的传输。理论分析和数值分析结果表明,所提出的方案是可行的,在一定程度上提高了无线自组织网络的多播传输效率,提高了网络的生存时间。

参考文献

- 1 Hu YC, Johnson DB. Exploiting MAC Layer Information in Higher Layer Protocols in Multi-hop Wireless Ad Hoc Network. Proc. of the 24th International Conference on Distributed Computing Systems, Tokyo, Japan, 2004.
- 2 Ahlswede R, Cai N, Li SYR, Yeung RW. Network information flow. IEEE Trans. on Information Theory, 2000, 46(4):1204-1216.
- 3 Li SR, Yeung RW, Cai N. Linear network coding. IEEE Trans. on Information Theory, 2003.
- 4 Ho T, Kottter R, Edard MM, Effros M, Shi J, Karger D. A random linear network coding approach to multicast. IEEE Trans. on Information Theory, 2006, 52: 4413-4430.

参考文献

- 1 易炯,张雷,王建宇.基于卫星定位的位置服务分析及其应用研究.世界科技研究与发展,2008,30(6):328-330.
- 2 肖扬.移动位置业务分析与研究.北京:北京邮电大学,2007.
- 3 John M, Dow RE, Rizos NC. The international GNSS Service in a changing landscape of Global Navigation Satellite Systems. Journal of Geodesy, 2009(3):191-198.
- 4 李建文.GLONASS 卫星导航系统及 GPS/GLONASS 组合应用研究.中国人民解放军信息工程大学,2001.
- 5 王光鼎,张升康,杨汝良.基于北斗无源与 GLONASS 导航系统的卫星组合导航用户位置计算.测绘学报, 2007, 36(4):377-382.
- 6 高星伟,李毓麟.PZ-90 与 WGS-84 之间的坐标转换.测绘通报,1999,(7):16-19.
- 7 李征航,黄劲松.GPS 测量数据处理.武汉:武汉大学出版社,2005.
- 8 周玮.基于 DSP 的 GPS/BD_2 组合定位算法的研究与实现.武汉:武汉理工大学,2008.
- 9 Salazar D, Hernandez-Pajares M, Juan JM. GNSS data management and processing with the GPSTk. GPS Solutions, 2009,(11):108-112.

- 5 Tao C, Chen LJ, Ho T. Energy Efficient Opportunistic Network Coding for Wireless Networks. INFOCOM 2008. The 27th Conference on Computer Communications. IEEE, 2008: 361-365.
- 6 Nguyen D, Nguyen T, Bose B. Wireless broadcasting using network coding. Third Workshop on Network Coding, Theory, and Applications, January 2007.
- 7 Ghaderi M, Towsley D, Kurose J. Network Coding Performance for Reliable Multicast, Military Communications Conference. 2007. MILCOM 2007. IEEE, 2007: 1-7.
- 8 Zhan C, Xu Y, Wang JP, Lee V. Reliable Multicast in Wireless Networks Using Network Coding. Mobile Adhoc and Sensor Systems, 2009. MASS09. IEEE 6th International Conference on, 2009: 506-515.
- 9 Blodt S. Efficient End System Multicast for Mobile Ad Hoc Networks. Proc. of the Second IEEE Annual Conference (PERCOMW04), Mar. 2004. 75-80.