



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102124366 B

(45) 授权公告日 2013. 12. 11

(21) 申请号 200980131466. 2

(22) 申请日 2009. 08. 05

(30) 优先权数据

61/189, 382 2008. 08. 19 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2011. 02. 14

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2009/004473 2009. 08. 05

(87) PCT申请的公布数据

W02010/021658 EN 2010. 02. 25

(73) 专利权人 天宝导航有限公司

地址 美国加利福尼亚州

(72) 发明人 U·沃尔拉特 N·C·塔尔博特

(74) 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

11247

代理人 杨晓光 张静美

(51) Int. Cl.

G01S 5/14(2006. 01)

(56) 对比文件

CN 1902505 A, 2007. 01. 24, 全文.

CN 1875291 A, 2006. 12. 06, 全文.

US 2006/0152407 A1, 2006. 07. 13, 全文.

US 2008/0165054 A1, 2008. 07. 10, 全文.

US 5825326 A, 1998. 10. 20, 全文.

US 6753810 B1, 2004. 06. 22, 全文.

US 2005/0001763 A1, 2005. 01. 06, 全文.

审查员 褚晓慧

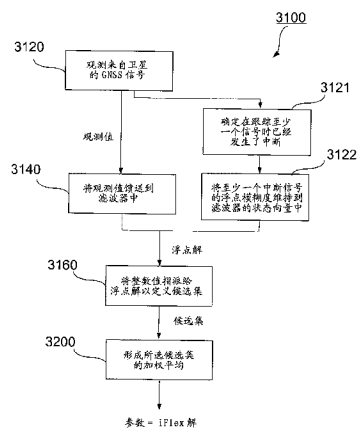
权利要求书8页 说明书69页 附图36页

(54) 发明名称

具有跟踪中断的 GNSS 信号处理方法和装置

(57) 摘要

提供了用于估计从 GNSS 信号导出的参数 (即, 模糊度) 的方法和装置。对于多个时刻, 获得来自多个 GNSS 卫星的 GNSS 信号的每个接收频率的观测值 (3120)。将观测值的时间序列馈送到滤波器以便估计包括浮点模糊度的状态向量, 其中每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的接收频率的整波长数的非整数估计, 并且其中, 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度 (3140)。确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断 (3121)。将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值 (3122)。将整数指数指派给所估计的浮点值的至少一个子组以便定义多个整数模糊度候选集 (3160)。确定每个候选集的质量测量。形成所述候选集的加权平均 (3200)。在后续操作中可以使用所述加权平均的模糊度来辅助确定接收机的位置, 或者可以使用所述加权平均的模糊度以便例如在可用于扩增漫游器的位置信息的网络处理器中准备数据。



CN 102124366 B

1. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的方法,所述方法包括:

从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

将观测值的时间序列馈送到滤波器,以便估计至少包括浮点模糊度的状态向量,其中,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的接收频率的整波长数的实数估计,并且其中,基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;

将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值;

将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

确定每个候选集的质量测量;以及

形成所述候选集的加权平均。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

3. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

4. 根据权利要求 1 所述的方法,包括:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,形成所述加权平均包括:

选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权,形成所选候选集的加权平均。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其包括:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

7. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

8. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

9. 根据权利要求 5 所述的方法,其中,所述第一门限被确定为以下中的一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

10. 根据权利要求 5 所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述平均加权,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

11. 根据权利要求 5 所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

12. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,形成所述加权平均包括:

为每个候选集确定质量测量;

确定所述候选集的最佳质量测量;

确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;

基于所调整的质量测量来执行对第一数目的候选集的选择;以及

基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

13. 根据权利要求 12 所述的方法,其包括:通过调节浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量,以便改变所述候选集的质量测量相对于所述浮点解的分布。

14. 根据权利要求 12 所述的方法,其包括:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

15. 根据权利要求 12 所述的方法,其包括:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

16. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,形成所述加权平均包括:

为每个候选集确定质量测量;

确定所述候选集的最佳质量测量;

确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

17. 根据权利要求 1 所述的方法,其中,定义所述多个整数模糊度候选集包括:

选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义所述多个整数模糊度候选集。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述选择包括:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

19. 根据权利要求 1 所述的方法,其包括:

由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;

基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

确定所述加权平均的所获得的精确度值;

将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值；以及基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

20. 根据权利要求 19 所述的方法,其中,所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。

21. 根据权利要求 19 所述的方法,其包括:

确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时的时刻;以及在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

22. 根据权利要求 19 所述的方法,其包括:

估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性,其中所述含括门限是指示收敛性的门限。

23. 根据权利要求 19 所述的方法,其包括:

估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性,其中所述排除门限是指示非收敛性的门限。

24. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的装置,所述装置包括:

接收机,所述接收机适于从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

滤波器,所述滤波器基于观测值的时间序列来估计至少包括浮点模糊度的状态向量,其中,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的接收频率的整波长数的实数估计,并且其中,基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;以及

处理元件,所述处理元件适于:

确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;

将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值;

将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

确定每个候选集的质量测量;以及

形成所述候选集的加权平均。

25. 根据权利要求 24 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

26. 根据权利要求 24 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

27. 根据权利要求 24 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

28. 根据权利要求 24 所述的装置,其中,为了形成所述加权平均,所述处理元件适于:

选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权,形成所选候选集的加权平均。

29. 根据权利要求 28 所述的装置,其中,所述处理元件适于:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

30. 根据权利要求 28 所述的装置,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

31. 根据权利要求 28 所述的装置,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

32. 根据权利要求 28 所述的装置,其中,所述处理元件适于将所述第一门限确定为以下中的一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

33. 根据权利要求 28 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

34. 根据权利要求 28 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

35. 根据权利要求 24 所述的装置,其中,为了形成所述加权平均,所述处理元件适于:
为每个候选集确定质量测量;
确定所述候选集的最佳质量测量;
确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;
确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;
根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;
基于所调整的质量测量来执行对第一数目的候选集的选择;以及
基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

36. 根据权利要求 35 所述的装置,其中,所述处理元件适于:通过调节浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量,以便改变所述候选集的质量测量相对于所述浮点解的分布。

37. 根据权利要求 35 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

38. 根据权利要求 35 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

39. 根据权利要求 24 所述的装置,其中,为了形成所述加权平均,所述处理元件适于:

为每个候选集确定质量测量；
确定所述候选集的最佳质量测量；
确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值；
确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量；
根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量；以及
基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

40. 根据权利要求 24 所述的装置，其中，为了定义所述多个整数模糊度候选集，所述处理元件适于：

选择所述状态向量的浮点模糊度的子集，以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组；以及

将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值，以便定义所述多个整数模糊度候选集。

41. 根据权利要求 40 所述的装置，其中，所述处理元件适于：选择被连续跟踪达最长时间段段的频率的浮点模糊度，作为所述子集的浮点模糊度。

42. 根据权利要求 24 所述的装置，其中，所述滤波器适于：

由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值；并且

其中，所述处理元件适于：

基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值，所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量；

确定所述加权平均的所获得的精确度值；

将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值；以及

基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

43. 根据权利要求 42 所述的装置，其中，所述处理元件适于：获得作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比的所述收敛值。

44. 根据权利要求 42 所述的装置，其中，所述处理元件适于：

确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻；以及

在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后，指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

45. 根据权利要求 42 所述的装置，其中，所述处理元件适于：

估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度；以及

如果所述位置的所获得的精确度优于包括门限，则指示所述状态向量的确定结果的收敛性，其中所述包括门限是指示收敛性的门限。

46. 根据权利要求 42 所述的装置，其中，所述处理元件适于：

估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度；以及

如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限，则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性，其中所述排除门限是指示非收敛性的门限。

47. 漫游器，其包括根据权利要求 24 的装置。

48. 网络站，其包括根据权利要求 24 的装置。

49. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数

的设备,所述设备包括:

用于从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值的装置;

用于将观测值的时间序列馈送到滤波器,以便估计至少包括浮点模糊度的状态向量的装置,其中,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的接收频率的整波长数的实数估计,并且其中,基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

用于确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断的装置;

用于将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值的装置;

用于将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集的装置;

用于确定每个候选集的质量测量的装置;以及

用于形成所述候选集的加权平均的装置。

50. 根据权利要求 49 所述的设备,其中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

51. 根据权利要求 49 所述的设备,其中,如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

52. 根据权利要求 49 所述的设备,包括:用于如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中的装置。

53. 根据权利要求 49 所述的设备,其中,形成所述加权平均包括:

选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权,形成所选候选集的加权平均。

54. 根据权利要求 53 所述的设备,其包括:用于使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置的装置。

55. 根据权利要求 53 所述的设备,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

56. 根据权利要求 53 所述的设备,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

57. 根据权利要求 53 所述的设备,其中,所述第一门限被确定为以下中的一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

58. 根据权利要求 53 所述的设备,其包括:用于如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述平均加权的装置,所述第二数目由在所选候选

集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

59. 根据权利要求 53 所述的设备,其包括:用于如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集的装置,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

60. 根据权利要求 49 所述的设备,其中,形成所述加权平均包括:

为每个候选集确定质量测量;

确定所述候选集的最佳质量测量;

确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;

基于所调整的质量测量来执行对第一数目的候选集的选择;以及

基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

61. 根据权利要求 60 所述的设备,其包括:用于通过调节浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量,以便改变所述候选集的质量测量相对于所述浮点解的分布的装置。

62. 根据权利要求 60 所述的设备,其包括:用于如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵的装置。

63. 根据权利要求 60 所述的设备,其包括:用于如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵的装置。

64. 根据权利要求 49 所述的设备,其中,形成所述加权平均包括:

为每个候选集确定质量测量;

确定所述候选集的最佳质量测量;

确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

65. 根据权利要求 49 所述的设备,其中,定义所述多个整数模糊度候选集包括:

选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义所述多个整数模糊度候选集。

66. 根据权利要求 65 所述的设备,其中所述选择包括:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

67. 根据权利要求 49 所述的设备,其包括:

用于由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值的装置;

用于基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值的装置,所述形式上的精确

度值是对可获得的精确度的度量；

用于确定所述加权平均的所获得的精确度值的装置；

用于将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值的装置；以

及

用于基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性的装置。

68. 根据权利要求 67 所述的设备,其中,所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。

69. 根据权利要求 67 所述的设备,其包括：

用于确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时的时刻的装置；以及

用于在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性的装置。

70. 根据权利要求 67 所述的设备,其包括：

用于估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度的装置；以及

用于如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性的装置,其中所述含括门限是指示收敛性的门限。

71. 根据权利要求 67 所述的设备,其包括：

用于估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度的装置；以及

用于如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性的装置,其中所述排除门限是指示非收敛性的门限。

具有跟踪中断的 GNSS 信号处理方法和装置

[0001] 相关申请

[0002] 本申请要求于 2008 年 8 月 19 日提交的美国临时专利申请 61/189,382 的权益,通过引用的方式将其内容合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及位置估计方法和装置,并且尤其涉及基于导航卫星系统信号的这样的方法和装置。这些方法和装置的应用领域包括但不限于:导航、地图制作、土地测绘、土木工程、防灾和减灾,以及科学研究。

背景技术

[0004] 1. 简介

[0005] 全球导航卫星系统 (GNSS) 包括全球定位系统 (GPS) (美国)、GLONASS (俄罗斯)、Galileo (欧洲) 和 COMPASS (中国) (使用中或开发中的系统)。GNSS 通常使用环绕地球的多个卫星。所述多个卫星形成卫星的星群 (constellation)。GNSS 接收机检测在由卫星广播的电磁信号上所调制的码。该码也被称为测距码。码检测包括:将广播信号上所调制的比特序列与要检测的码的接收机侧版本进行比较。基于对一系列卫星中的每个卫星的码到达时间的检测,GNSS 接收机估计其位置。定位包括地理定位,即,在地球的表面上的定位。

[0006] 在 Sandra Verhagen 的 The GNSS integer ambiguities: estimation and validation, Delft University of Technology, 2004, ISBN 90-804147-4-3 (在此被称为“[1]”) 的章节 2.1.1、2.1.2 和 2.1.3 中提供了 GPS、GLONASS 和 Galileo 的概述 (其也在 Publications on Geodesy 58, Delft, 2005, ISBN-13 :978 90 6132 290 0, ISBN-10 :90 6132 290 中被公开)。

[0007] 使用 GNSS 信号码进行定位提供了有限的精确度,主要由于在通过大气传输时码所经受的失真。例如, GPS 包括在 1575.45MHz (所谓的 L1 频率) 处对粗捕获 (C/A) 码的传输。相比于保留给军事应用的精 (P) 码,该码对公众是免费可用的。当既考虑与 C/A 码的检测 (对伪随机码的到达时间的电子检测) 相关联的电子不确定性,又考虑其它误差 (包括由于电离层和对流层效应、星表误差 (ephemeris error)、卫星时钟误差和多径传播而造成的误差) 的时候,使用 GPS C/A 码的基于码的定位的精确度大约是 15 米。

[0008] 一种对基于码检测的定位的替代是基于载波相位测量进行定位。在该替代方法中,检测从卫星发射的 GNSS 信号的载波相位,而不是在从卫星发射的信号上所调制的码。

[0009] 与基于码的方法相比,基于载波相位测量的方法可能提供高得多的定位精确度,即高达厘米级别或者甚至毫米级别的精确度。原因可以直观地理解如下。诸如 L1 波段上的 GPS C/A 码这样的码比调制该码的载波的一个周期长得多。因此,相比于针对码检测,针对载波相位检测的位置解算可被视为更好。

[0010] 然而,在基于载波相位测量估计位置的过程中,载波相位由于未知的周期数而模糊 (这例如在 [1] 的章节 1.1 的第二段中进行了解释)。可以确定接收信号的相位,但

是无法以明确的方式直接确定周期。这是所谓的“整数（或整周）模糊度问题（integer ambiguity problem）”、“整数模糊度解算问题（integer ambiguity resolution problem）”或“相位模糊度解算问题（phase ambiguity resolution problem）”。

[0011] 例如，在 [1] 的章节 2.2.1 和 2.2.2 中分别提供了用于码观测值（code observations）和用于相位观测值（phase observations）的 GNSS 观测等式。在 [1] 的章节 3 中提供了对 GNSS 整数解算问题的简介。然而，在 Remondi 于 1984 年的 Using the Global Positioning System(GPS)Phase Observable for Relative Geodesy :Modeling, Processing and Results, Center for Space Research, The University of Texas at Austin, May, 1984（在此被称为“[2]”）中已经介绍了使用载波相位数据用于 GNSS 定位的构想。

[0012] 现在将参照图 1 至图 4 解释 GNSS 整数解算问题的基本原理。然后，利用在实现用于精确位置估计的整数解算系统时通常涉及的进一步因素的数学支持和解释，提供了进一步的解释。

[0013] 2. GNSS 整数解算问题的基本原理

[0014] 图 1 示意性地图示了仅具有两个卫星和一个接收机的 GNSS。移动接收机也被称为漫游器（rover），固定接收机可以被称为基站（对差分处理有用，例如 DGPS）或参考站（对网络处理有用）。虽然实际的 GNSS 涉及不止两个卫星，但是为了说明 GNSS 载波相位测量的基本原理，图 1 上仅表示了两个卫星。每个卫星均广播信号（通过源自卫星并且在接收机的方向上行进的箭头来图示）。在接收机附近示意性地表示了每个信号的一部分载波。为了清楚起见，在图 1 中以非调制的形式表示了该部分载波。事实上，在载波上对码进行了调制（例如双相移键控（BPSK 调制））。

[0015] 在一个时间点，接收机可以测量接收信号的载波相位。接收机也可以跟踪载波相位，并且将其锁定以便跟踪由于接收机与卫星之间的距离改变而造成的载波的附加周期。然而，现在为了清楚起见而忽视了在时间上跟踪相位这方面，但是稍后将进行解释。

[0016] 虽然接收机可以测量所接收到的信号的载波相位，但是卫星与接收机之间的周期数是未知的。与例如 GPS L1 频率载波（1575.45MHz）的一个周期相对应的距离大约是 19 厘米（考虑了无线电信号的传播速度，即光的速度）。19 厘米的距离对应于载波的波长。换句话说，可以在一个时间点开始测量载波相位，但是例如在起始时间点，从卫星到接收机的整周期数（the integer number of cycles）是未知的。而且，从第一卫星到接收机的周期数与从第二卫星到接收机的周期数之间的差是未知的。

[0017] 通过标示“-1”、“0”、“+1”、“+2”图示了图 1 中 GNSS 信号载波的一些连续周期的幅度峰值。这直观地图示了关于周期数的整数模糊度。通过标示“0”所表示的峰值对应于从接收机到卫星的特定周期数。通过标示“+1”所表示的峰值对应于多一个周期，通过标示“-1”所表示的峰值对应于少一个周期，等等。对接收机的位置的估计取决于对于从卫星到接收机的正确周期数的知识。

[0018] 从第一卫星到接收机的给定周期数（例如，对应于图 1 的左手侧上的标示“+1”）以及从第二卫星到接收机的给定周期数（例如，对应于图 1 的右手侧上的标示“-1”）得出一个估计的位置。换句话说，可以看出，整数对（+1，-1）得出二维图示中的一个估计位置。每个卫星的周期数的另一组合得出另一估计的位置。例如，组合（0，+1）得出二维图示中的

另一估计的位置。参照图 2a 至图 4 将更好地理解这一点。

[0019] 图 2a 公开了已知接收机在其中或者至少已知接收机很可能在其中的二维不确定性区域。关于接收机在该不确定性圆内的知识可以例如根据基于粗码的位置估计。虽然实际 GNSS 实现涉及不止一个二维不确定性区域,但是通过仅参照二维未知空间,可以理解载波相位测量的基本原理。已知或假设接收机的位置处在由所表示的圆限制的不确定性区域内,但是在该圆内的位置还是未知的。

[0020] 图 2b 公开了添加了具有箭头的虚线的图 2a 的二维不确定性区域。虚线表示朝向被称为卫星 1 的一个 GNSS 卫星的方向。卫星 1 广播含有载波的信号。在不确定性区域中表示的平行线是:当假设仅卫星 1 的载波用于位置估计时,接收机可以位于其中的线。每条线对应于通过卫星 1 广播的信号的特定波阵面 (wave front)。相邻波阵面间隔一个载波波长。取决于到卫星 1 的正确周期数,接收机可被视为位于这些线中的一条线上。由于整数模糊度,正确的位置线是未知的。

[0021] 图 2c 表示与图 2b 相同的元素,即,不确定性区域以及由卫星 1 广播的信号的载波波阵面。另外,图 2c 包括具有箭头的第二虚线,其示意性地指示第二 GNSS 卫星 (即,卫星 2) 的方向。与卫星 2 的方向垂直的那些线表示由卫星 2 广播的信号的载波波阵面。取决于到卫星 2 的正确的周期数,接收机可被视为位于这些线中的一条线上。

[0022] 除了从与卫星 1 相关联的载波导出的位置信息之外,由卫星 2 广播的信号的载波也可以用于位置估计。因此,可以减少不确定性。不是仅能够假设接收机的位置在 (图 2a 的) 圆内的某处,或者仅假设接收机的位置在图 2b 上所表示的直线之一上,现在可以假设接收机的位置在与卫星 1 的波阵面对应的那些线之一上并且同时在与卫星 2 相对应的那些平行线之一上。换句话说,通过使用来自两个卫星的载波相位测量,可以假设接收机的位置是在或者可能是在:与卫星 1 的波阵面相关联的线和与卫星 2 的波阵面相关联的线之间的交叉点上。

[0023] 可以看出,在图 2c 的示例性不确定性区域内存在 28 个线交叉点。这些交叉点对应于接收机的 28 个可能的位置。因此,将不确定性区域内的位置估计问题减化成:找出接收机位于这些交叉点中的哪一个交叉点上的问题。

[0024] 不止两个卫星可用于估计接收机位置。因此,可以在尝试解决整数模糊度时使用来自又一卫星的信号的载波。

[0025] 图 2d 表示与图 2c 相同的元素,即,不确定性区域以及由卫星 1 和由卫星 2 广播的信号的载波波阵面。另外,图 2d 包括具有箭头的第三虚线,其指示了第三 GNSS 卫星 (即,卫星 3) 的方向。因此,表示了与卫星 3 相关联的第三载波波阵面集合。

[0026] 添加在图 2d 上并且在图案上与图 2c 的示例性的 28 个交叉点重叠的第三波阵面集合提供了用于辅助解决整数模糊度的附加信息。与卫星 3 相关联的波阵面和与卫星 1 及卫星 2 相关联的波阵面之间的交叉点的契合程度提供了关于一个特定交叉点是正确位置的概率的指示。例如,三元组 $(0, 0, 0)$ 可以直观地被认为提供了高度可能的波阵面组合。接收机很可能位于与波阵面的三元组 $(0, 0, 0)$ 相对应的交叉点处。然而,这不是唯一可能的交叉点 (也称为节点)。

[0027] 为了向 (如图 2c 所示) 与卫星 1 和卫星 2 相关联的波阵面的每个交叉点指派作为正确位置的概率,可以逐一考虑每个交叉点。图 2e 图示了所考虑或搜索的特定交叉点或

节点。特定交叉点或搜索节点位置（使用图 2e 的标记）是 $(+2, 0)$ ，即，与卫星 1 相关联的波阵面“+2”，与卫星 2 相关联的波阵面“0”。搜索节点距离与卫星 3 相关联的最近波阵面的远近程度可以直观地被视作提供了关于搜索节点对应于正确位置的概率的指示。

[0028] 与卫星 3 相关联的波阵面“+2”是距离搜索节点 $(+2, 0)$ 最近的波阵面。然而，与卫星 3 相关联的波阵面“+2”相对远离该搜索节点，即，重叠匹配并不良好。这导致三元组 $(+2, 0, +2)$ 相对不可能对应于正确的位置。

[0029] 可以考虑与卫星 1 相关联的波阵面和与卫星 2 相关联的波阵面的每个组合，并且可以向这些整数组合（也被称为“模糊度”或“整数模糊度”）中的每一个指派概率。这在图 3 中被示出。与每个交叉点或搜索节点相关联的垂直箭头给出了关于搜索节点对应于正确位置的概率的指示。注意到，图 3 上示出的概率是示例性的，并且不一定对应于图 2d 和图 2e 中示出的情形。

[0030] 图 3 示出了配对 $(0, 0)$ 在不确定性区域内具有显著概率 (predominant probability)。高度可能的是，该整数配对对应于可以从其最为精确地导出接收机位置的正确整数解 (integer solution)。

[0031] 图 4 示出了另一示例性概率映射，其中，通过垂直箭头来指示与波阵面的每个交叉点相关联的概率。然而，在图 4 中，与配对 $(0, 0)$ 和 $(+1, -1)$ 相对应的两个搜索节点具有几乎相等的概率。在该情形下，高度可能的是：这两个整数配对之一对应于可以从其最为精确地导出接收机位置的正确整数解。

[0032] 因此，GNSS 整数解算问题在于以最高可能的置信度估计针对模糊度的正确整数值集合的问题，以便提供高精度的 GNSS 定位。它可以包括：使用统计测量，扫描通过可能的整数组合或搜索节点（如图 2 所示），以便评估哪个组合是正确的组合。

[0033] 3. 数学公式和进一步的考虑

[0034] 3.1 观测等式

[0035] 通过下式提供线性 GNSS 观测等式：

$$[0036] \quad y = Aa + Bb + e \quad (1)$$

[0037] 其中

[0038] y 是 m 阶的 GPS 观测向量（可观测量的向量），

[0039] a 和 b 分别是具有维度 n 和 p 的未知参数向量，

[0040] A 和 B 表示从所使用的 GNSS 模型的线性化观测等式导出的设计矩阵，以及

[0041] e 是噪声向量（残差）。

[0042] 参数向量 a 的条目是未知的整数载波相位模糊度，其以周期为单位来表达，即 $a \in Z^n$ 。其余参数是所谓的基线参数 (baseline parameters)，即 $b \in R^p$ ，包括例如大气延迟（参见 [1]，章节 2.2 和 3.1）。当观测值的数目增加时，噪声向量变成根据正态分布的表现形式。

[0043] 观测向量 y 可以包括在可用的很多频率上并且在所有观测历元 (observation epochs) 上累积的相位观测值和码观测值。因此，基于来自用于确定接收机的位置的多个卫星的一个或多个频率，利用很多观测值而一般化了在以上章节“[2. GNSS 整数解算问题的基本原理]”中所描述的问题。

[0044] 观测等式可以考虑很多观测数据以及很多类型的观测数据。例如，从差分

GPS (DGPS) 系统获得的差分数据。DGPS 使用一个或多个参考站,所述参考站的位置是精确已知的。这使得能够计算在一个时刻的电离层效应、卫星时钟漂移、卫星星表误差。最初开发的 DGPS 技术是为了补偿在打开 GPS 所谓的“选择性可用性 (SA)”特征时所添加的故意时钟误差。在 2000 年已经永久关闭了 SA 特征,但是 DGPS 技术对补偿在特定时间段期间造成合理恒定延迟的效应仍然有用。因此,可以向接收机提供该信息,接收机可以考虑该信息用于改进位置估计精确度。换句话说,DGPS 参考站传送要由 GNSS 接收机使用的差分校正,以便改进位置估计。这些校正可以作为观测值集成到观测等式中,而不影响在 GNSS 整数模糊度解算问题背后的一般原理。

[0045] 等式系统 (1) 和与其解算相关联的问题对于以下原因来说是特别的。等式涉及实数未知量 (基线参数 b) 和整数未知量 (整数模糊度 a)。对于在已知一些未知量具有整数值的情况下处理等式系统的解算来说,技术还不太成熟。

[0046] 在以上观测系统 (1) 中,未知量的数目并不等于观测值的数目。存在比未知量的数目更多的观测值,从而使得系统是超定 (overdetermined) 的等式系统。统计属性可以与超定系统的每个可能的解相关联。对系统的解算在于找到对系统来说最可能的解,包括整数未知量和实数未知量的值。

[0047] 基于载波相位测量的 GNSS 模型的一个特定特性在于:如果可以以高置信度来标识整数解 (即,在正确解的概率接近于一的情况下),则这提供了非常精确的解 (高达厘米级别的精确度)。然而,整数模糊度解算具有的风险是:在一个或多个卫星和频带上的载波相位模糊度被不正确地定点化 (fixed)。因为 GNSS GPS 信号具有大约 20 厘米的载波,如果载波相位模糊度被设置成错误的整数,则这可能导致分米或者更多的位置误差。

[0048] 3.2 在时间上的一般化以及浮点解

[0049] 在以上章节“[2. GNSS 整数解算问题的基本原理]”中,仅考虑了在时间上的一个快照。然而,通过使用一系列连续观测值,可以在时间上改进精确度。

[0050] 从一个卫星广播的载波的相位在第一时间点上的一个观测值与在第二时间点上的另一观测值不同。然而,可以跟踪载波相位,从而使得载波相位模糊度本身并不改变。换句话说,接收机可以锁定到一个载波的相位上。

[0051] 求解等式系统 (1) 的常用技术是首先将未知量 a 视为实数,即,浮点数 (即使已知向量 a 的未知量是整数)。该方法是有利的,因为诸如卡尔曼 (Kalman) 滤波和最小二乘解算这样的公知技术可以用于导出浮点解,即,用于未知的载波相位模糊度的实数集合。即使没有考虑未知的载波相位模糊度 (即,在以上等式系统 (1) 中的参数向量 a 的条目) 是整数值这一事实,该方法也是有利的。

[0052] 该方法也是有利的,因为只要允许足够的时间,则它收敛到正确的整数解。通过添加快照 (在各个历元处的观测值的集合),并且通过保存与每个快照相关联的观测值来改进解 (例如,最小二乘解),出现了收敛解。

[0053] 然而,浮点解的实际缺点在于:尽管它收敛,但是这样做是费时的。通常,浮点解一般花费数十分钟来针对厘米级别的工作进行充分收敛。尽管 Kalman 滤波器可以用于获得浮点解,并且该浮点解收敛于对载波相位模糊度的良好估计,但是这样做太费时。需要使该过程加速。

[0054] 未知量 a 是整数的事实可以当作约束来使用,用于从浮点解导出整数值的组合,

甚至在浮点解充分收敛到正确的整数解之前。现在将对此进行解释。

[0055] 3.3 将浮点解定点化到整数值 : 定点解

[0056] 存在用于将模糊度定点化到整数值已知方法。例如,浮点解被投影或映射到整数解。参见出现在 IUGG2003, session G04, Sapporo, Japan 的 Teunissen, P. J. G. (2003), GNSS Best Integer Equivariant estimation 的章节 2.1 和 2.2 (在此被称为 “[3]”)。

[0057] 这使得能够更快地获得定点解。将浮点解定点化到整数解的原因是使用关于模糊度实际上必须是整数这一知识,从而使得如果基于模糊度的浮点值选择了正确的整数,则改进并加速了对其余未知量(即,等式系统(1)中向量 b 的未知量)的估计。因此,模糊度被定点化到最可能的整数解,以便减少未知量的数目并且由此增加等式系统的超定性(over-determination)。

[0058] 定点化包括:将每个模糊度设置成整数值,以及使用整数值的组合来减少等式系统中未知量的数目。然而,虽然对模糊度进行定点化加快了收敛过程,但是这是在不正确地对模糊度进行定点化的风险下进行的,这可能导致朝着错误的解收敛。

[0059] 要注意,模糊度指示了在特定时刻(例如,当初始化系统时或者在任何其它起始时间点)接收机与卫星之间载波的未知数目的周期,并且因而是定点值。因此,滤波器用于基于所做出的观测值来估计这些定点值。更确切地,通过随时间收集越来越多的观测值,滤波器的状态向量(尤其包括模糊度)逐渐收敛到表示模糊度的稳定整数值。

[0060] 为了说明从卫星到接收机的随着时间变化的距离,通常在接收机中采用锁相环来跟踪载波信号以便确定:要添加的附加周期数,或者从要由滤波器在起始时间点对模糊度估计的初始值推导出的附加周期数。

[0061] 最佳整数等变(BIE)估计器(参见[3]的“Best Integer Equivariant Estimation”的章节4或[1]的第4章)是估计器的例子,其中,在没有明确实行单个正确的整数模糊度组合的情况下使用载波相位模糊度的整数性质。BIE方法使用整数模糊度组合的加权平均来产生解,该解具有总是优于其浮点和定点对应部分的精确度或者与其浮点和定点对应部分的精确度一样好的精确度(参见[1]的第69页的章节4.1)。

[0062] BIE方法的重要计算方面在于:浮点模糊度解应当被变换成更为正交的空间,以便加速用于生成在加权求和中所使用的整数模糊度组合的过程(参见[1],章节4.2.2,第71页)。这一到更为正交的搜索空间的变换被称为“Z变换”,并且在例如[1]的第33-36页的章节3.1.4中或在Teunissen的The least-squares ambiguity decorrelation adjustment: a method for fast GPS integer ambiguity estimation, Journal of Geodesy, 70:65-82中进行了更详细的解释。在[1]的第34页的图3.6(第34页)中示出了模糊度搜索空间的Z变换的二维例子。如在[1]的第34页第3-6行“Due to the high correlation between the individual ambiguities, the search space in the case of GNSS is extremely elongated, so that the search for the integer solution may take very long. Therefore, the search space is first transformed to a more spherical shape by means of a decorrelation of the original float ambiguities(由于在各个模糊度之间的高相关性,在GNSS情况下的搜索空间被极度拉伸,从而使得对整数解的搜索可能耗时较长。因此,借助于原始浮点模糊度的解相关而首先将搜索空间变换成更接近球形)”中所提及的。

[0063] Z 变换（在此也被称为简单 Z 变换）不同于（并且不应当混淆于）频域中的傅立叶变换。Z 变换也不同于（并且不应当混淆于）从 R_n 实数空间到 Z_n 整数空间的浮点值的映射。

[0064] 4. 在模糊度上的加权

[0065] 也已经公开了用于基于所有可能的整数组合来估计接收机位置的方法。

[0066] Betti B., Crespi M., Sanso F. 的 A geometric illustration of ambiguity resolution in GPS theory and a Bayesian approach, Manuscripta Geodaetica(1993)18 :317-330（在此被称为“[4]”）公开了一种方法，其中不要求解模糊度，相反该方法涉及“sum[ming]over all possible ambiguities with proper weights directly derived from the likelihood function(利用直接从似然函数导出的适当权值对所有可能的模糊度求和)”（第 326 页，左侧栏，注解 4.2）。

[0067] 在 [4] 中，还建议对整数值的一些组合取平均进行限制：“It has to be underlined that on the practical implementation of...in eality we have extended the summation not over the whole grid of ambiguities but just to the closer knots as the function...drops very quickly to zero when β attains large values(要强调的是，在实际实现.....时，实际上我们并未在模糊度的整个栅格上扩展总和，而仅仅根据函数.....扩展到较近的结点.....当 β 达到大的值的时候很快降至零)”（第 327 页，右侧栏，第 34-39 行）。

[0068] 5. 要解决的问题

[0069] 需要改进基于 GNSS 载波相位测量来实现定位系统，从而以快速、稳定和用户友好的方式来获得接收机位置的精确估计。

发明内容

[0070] 本发明的实施例的目的是满足上述需要。特别地，本发明的实施例的目的是：在考虑改进可用性的同时快速获得稳定和精确的解的目标的情况下，改进现有技术的方法的实现。

[0071] 本发明的实施例包括如在权利要求中限定的方法、装置、漫游器、网络站、计算机程序和计算机可读介质。

附图说明

[0072] 现在将结合附图描述本发明的实施例，在附图中：

[0073] 图 1 示意性示出了具有两个卫星和一个接收机的 GNSS，用于图示本发明的背景技术；

[0074] 图 2a 示意性示出了已知接收机的位置处于其中的不确定性区域，用于图示本发明的背景技术；

[0075] 图 2b 示意性示出了图 2a 的不确定性区域，其中表示了与第一卫星（卫星 1）相关联的波阵面，用于图示本发明背景技术中的一个载波相位模糊度；

[0076] 图 2c 示意性示出了图 2a 的不确定性区域和图 2b 的波阵面，其中表示了与第二卫星（卫星 2）相关联的波阵面，用于图示本发明背景技术中的两个载波相位模糊度；

[0077] 图 2d 示意性示出了图 2a 的不确定性区域以及图 2b 和图 2c 的波阵面,其中表示了与第三卫星(卫星 3)相关联的波阵面,用于图示本发明背景技术中的三个载波相位模糊度;

[0078] 图 2e 与图 2d 相同,不同之处是示意性图示了与整数载波相位值的组合相对应的搜索节点;

[0079] 图 3 示意性示出了已知接收机的位置位于其中的不确定性区域、与两个卫星相关联的波阵面以及与每个整数组合相关联的概率,即每个模糊度的整数值的每个集合,用于图示本发明的背景技术;

[0080] 图 4 与图 3 相同,不同之处是示出了两个搜索节点具有基本上相同的概率对应于正确解,用于图示本发明的背景技术;

[0081] 图 5a 是图示了本发明的方法的一个实施例的流程图;

[0082] 图 5b 图示了关于本发明的方法的一个实施例的收敛速度的示例性益处;

[0083] 图 6a 和图 6b 是两个流程图,在本发明的方法的一个实施例中,每个流程图图示了将整数值指派给浮点解以形成候选集的步骤以及基于第一门限选择候选集的步骤;

[0084] 图 7 图示了在本发明的方法的一个实施例中搜索整数模糊度的树以选择候选集的过程;

[0085] 图 8 是图示了本发明的方法的一个实施例的一部分的流程图;

[0086] 图 9 是图示了本发明的方法的一个实施例的一部分的流程图,其中,如果最初选择的候选集的数目不够,则选择更多的候选集;

[0087] 图 10 是图示了本发明的方法的一个实施例的一部分的流程图,其中,如果最初选择的候选集的数目大于必需的数目,则排除一些候选集;

[0088] 图 11a、图 11b 和图 11c 是图示了本发明的方法的三个实施例的流程图,其中,使用被调整的质量测量来影响加权平均的形成;

[0089] 图 12 图示了图 11a 至图 11c 的流程图的一部分;

[0090] 图 13a 和图 13b 图示了图 11a 至图 11c 中图示的步骤之一(即,步骤 1170)的细节;

[0091] 图 14 图示了在选择和/或形成候选集的加权平均之前的残差的概率分布的换算(scaling);

[0092] 图 15 是图示了本发明的方法的实施例的流程图,其中,确定形式上的精确度(formal precision)和所获得的精确度(achieved precision),以便提供关于位置估计过程的收敛性的指示;

[0093] 图 16a 图示了在图 15 中图示的方法的特定实施例中图 15 的流程图的一部分;

[0094] 图 16b 至图 16e 图示了实施例的例子,其用于根据所获得的精确度针对形式上的精确度的收敛来提供关于收敛性的指示(例如,“浮点”或“定点”);

[0095] 图 17a 和图 17b 图示了本发明的一个实施例的方法的流程图部分,其中,在提供关于 iFlex 解的收敛性的指示的过程中分别使用无条件包括和排除门限(unconditional inclusion and exclusion thresholds);

[0096] 图 18a 至图 18d 图示了这样的例子,其中,在从参照图 17a 和图 17b 描述的实施例中导出的实施例中,基于所获得的精确度来提供关于收敛性的指示;

[0097] 图 19 和图 20 是图示了本发明的方法的两个实施例的两个流程图,其中,鉴于改进位置估计,在中断对卫星信号的跟踪之后,保持卫星旧有的 (legacy) 观测值;

[0098] 图 21 和图 22 是图示了本发明的方法的两个实施例的两个流程图,其中,在用于形成浮点解的滤波器状态向量中考虑了模糊度的子集而不是所有观测到的模糊度;

[0099] 图 23 是依照本发明的一些实施例的集成 GNSS 接收机系统的框图;

[0100] 图 24 示意性图示了依照本发明的一些实施例的网络定位情形;以及

[0101] 图 25 示意性图示了依照本发明的一些实施例的实时运动学定位情形。

具体实施方式

[0102] 现在将结合具体实施例来描述本发明。可以注意到,具体实施例用于向本领域技术人员提供更好的理解,而并不旨在以任何方式限制本发明的范围,本发明的范围由所附的权利要求来限定。特别地,可以组合贯穿本说明书单独描述的实施例,以便在其互不排斥的程度上形成进一步的实施例。

[0103] 1. 候选集选择

[0104] 发明人已经明显意识到,有效地为加权平均选择候选者数目可以减少的处理要求来改进估计。

[0105] 根据一个实施例,基于质量测量来选择用于形成加权平均的整数解,即,整数候选集。更确切地,可以选择具有比基于参考候选集的参考质量测量所确定的门限更优的质量测量的候选集。

[0106] 因而,质量测量(例如,具有最佳质量测量的候选集相对于滤波器的状态向量中的模糊度的“浮点解”而言的统计距离)确定了该选择。因此,用于对要在加权平均中使用的候选集进行选择的门限可以取决于最佳候选集的质量测量,换句话说,取决于最佳候选者与浮点解在统计上相距多远。最佳候选集与浮点解相距越远,则门限可以被设置得越低,从而使得相比于在统计上接近浮点解的最佳候选集,为加权平均选择更大数目的候选集。这改进了加权平均的可靠性。

[0107] 该过程的优点包括:

[0108] - 不需要在一个点定点化整数模糊度,从而使得消除了错误地定点化整数模糊度的风险;

[0109] - 所选候选集的加权平均更快地收敛到正确的整数解,从而使得不需要在能够执行厘米级别的工作之前等待数十分钟;以及

[0110] - 在尝试加快浮点解收敛时,通过所选候选集的加权平均而提供的精确度比通过对解进行定点化(包括在一个时间点定点化一些载波相位模糊度(等式(1)中))所报告的精确度更为现实。

[0111] 根据一个实施例,估计从 GNSS 信道导出的参数(即模糊度)包括:从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;将观测值馈送到具有状态向量(其至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度)的滤波器,每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且滤波器用于估计该状态向量的每个浮点模糊度的浮点值;将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;选择第一数目的候选集,

其具有优于第一门限的质量测量,其中,基于参考候选集的参考质量测量来确定第一门限;以及获得所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在加权平均中被加权。

[0112] 后续操作中的模糊度可以用于确定接收机的位置或者可以用于在可用于扩增(augment)漫游器的位置信息的网络侧(例如,在网络处理器中)准备数据。

[0113] 图 5a 是图示了本发明的方法的一个实施例的流程图。通过图 5a 的流程图图示的方法 100 是用于估计从对于确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的方法。

[0114] 要估计的参数是关于等式 (1) (参见背景技术部分) 所描述的未知参数向量的未知参数。也就是说,这些参数包括形成向量 a 的未知整数载波相位模糊度,以及形成向量 b 的实数基线参数。

[0115] 每个卫星每个观测载波(即,每个观测频率,或者更一般地,获得了观测值的每个频率)仅有一个未知的整数载波相位模糊度,即,一个未知的整周期数。如果每个卫星发射三个载波,即,例如 1575,42MHz 载波(GPS L1 频带)、1227,60MHz 载波(GPS L2 频带)和 1176,45MHz 载波(GPS L5 频带),并且如果观测到所有三个频率(或者更一般地,如果获得了所有三个频率的观测值),如果观测到来自 10 个 GNSS 卫星的信号(或者更一般地,如果获得了 10 个 GNSS 卫星的观测值),则存在 30 个未知的整数载波相位模糊度。换句话说,向量 a 的维度是 30。

[0116] 取决于接收机和卫星,有可能每个卫星仅观测一个频率(或者更一般地,获得一个频率的观测值),或者每个卫星观测两个或更多频率(或者更一般地,获得两个或更多频率的观测值)。然而,观测(或者更一般地,获得观测值)和使用所有可用的频率是有益的,因为这增加了系统的超定特征。

[0117] 存在很多由所使用的 GNSS 模型提供的基线参数。向量 b 的维度取决于所使用的 GNSS 模型。典型的 GNSS 模型包括但不限于针对以下内容的参数:位置(x, y, z)、时间(t)以及诸如电离层和对流层这样的大气影响。

[0118] GNSS 信号包括来自 GNSS 卫星的信号。这可以包括对于来自属于不同 GNSS 基础设施的卫星的信号(即,例如来自 GPS 和 GLONASS 卫星这二者的信号)的同时使用。

[0119] 该方法、要估计的参数以及 GNSS 信号对确定 GNSS 接收机的位置是有用的。

[0120] 该方法包括用于从卫星获得 GNSS 信号的观测值(步骤 120)的步骤或过程。这包括:接收(即,获取)信号,以及在一个时间点确定或测量来自 GNSS 卫星的 GNSS 信号的载波相位。这还包括:在时间上跟踪载波相位。这还可以包括:在一个频率上确定来自 GNSS 卫星的码的到达时间。这还可以包括:检索先前已经测量并存储用于稍后处理(后处理)的观测值。用于获得 120 观测值的这个步骤或过程生成或检索(即,输出)构成等式 (1) 的向量 y 的一系列观测值。这些观测值不仅是在一个时间点上获得的,而且是被顺序测量的(尽管可以从存储器中分批检索而不是顺序处理这些观测值)。

[0121] 在步骤或过程 140 中,观测值被馈送到滤波器(诸如 Kalman 滤波器)中,该滤波器使用观测值来估计未知参数的值。滤波器具有状态向量,其含有每一个未知参数的值。观测值被馈送到滤波器中并且状态向量相应地被更新。对于接近实时(有时被称为实时)的处理,通常按照历元(by epoch)来顺序处理观测值,而对于后处理,可以一起处理多个历元的观测值。

[0122] 状态向量至少包括对于每一个未知的整数载波相位模糊度的实数估计。整数载波

相位模糊度的这些实数估计中的每一个在此被称为“浮点模糊度”。

[0123] 对于 GNSS 信号的每个接收频率,每个卫星存在一个浮点模糊度。GNSS 信号的接收频率的浮点模糊度是与在 GNSS 信号的接收机和广播该 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数或整周期数相关联的实数估计。浮点模糊度可以是在接收机和 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数或整周期数的实数估计。

[0124] 浮点模糊度还可以是以下二者之间的整数差的实数估计(单差模糊度(single-differenced ambiguity)):在接收机和第一 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第一整周期数,以及在接收机和第二 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第二整周期数。浮点模糊度还可以是以下二者之间的整数差的实数估计(单差模糊度):在第一接收机和 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第一整周期数,以及在第二接收机和同一 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第二整周期数。

[0125] 浮点模糊度还可以是多个差值的整数差的实数估计(双差模糊度(double-differenced ambiguity));也就是,第一单差模糊度例如被形成为以下二者之间的差:在第一接收机和第一 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第一整周期数,以及在第二接收机和第一 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第二整周期数;第二单差模糊度例如被形成为以下二者之间的差:在第一接收机和第二 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的第三整周期数,以及在第二接收机和第二卫星之间的 GNSS 信号的第四整周期数;并且双差模糊度被形成为在第一单差模糊度和第二单差模糊度之间的差。

[0126] 无论是无差、单差还是双差,这就是为什么将接收频率的浮点模糊度定义为与整波长数或整周期数相关联的实数估计的原因。

[0127] 滤波器为状态向量的每个浮点模糊度估计浮点值。滤波器的输出是浮点解,其包括状态向量的每个浮点模糊度的浮点值。

[0128] 就 Kalman 滤波器、顺序最小二乘估计器、稳健估计或其它可比较的数据处理方案而言,可以很容易实现滤波过程。Kalman 滤波技术在 GNSS 数据处理领域中是很成熟的,并且一般能够处理一个或多个参数具有时变属性的状态描述。在“Introduction to Random Signals and Applied Kalman Filtering”, Brown, R. G., & Hwang, P. Y. C., John Wiley & Sons, 3rd Ed, ISBN:0-471-12839-2 中可以找到应用于 GPS 数据处理的 Kalman 滤波的描述。

[0129] 通过允许整数载波相位模糊度采用实值来获得浮点解。然后应用以下约束:载波相位模糊度是整数。也就是,整数值被指派给形成浮点解的每个浮点值。在步骤或过程 160 中,整数值被指派给每个所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集。由于存在不止一种方法来将整数值指派给浮点解的浮点值,因此步骤 160 导致定义多个整数模糊度候选集,即,在特定程度上与浮点解相对应的整数值的多个组合。

[0130] 例如,让我们想象浮点解包括七个浮点值,因为观测了七个频率(或者更一般地,获得了七个频率的观测值)。在一个时间点上的浮点解可以例如由以下构成:

[0131] (2.11, 3.58, -0.52, -2.35, 1.01, 0.98, 1.50)

[0132] 在该例中,浮点值“2.11”是以下二者之间的实数估计差:

[0133] -通过步骤 140 的滤波器被估计为实数的在第一频率上从第一 GNSS 卫星到接收机的周期数;以及

[0134] -通过(例如由基于码的 GNSS 定位所确定的)粗略估计方法估计的在第一频率上

从第一卫星到接收机的周期数。

[0135] 所谓的粗略估计方法可以例如提供如图 2a 至图 2e 图示的不确定性区域的边界, 其中, 不确定性区域 (其可以是圆) 的中心被认为是通过粗略估计方法估计的周期数。如果所估计的差是浮点值“2.11”, 则它意味着浮点解包括: 对于第一模糊度, 周期数距离不确定性区域的中心相差 2.11 个周期。

[0136] 因此浮点值“2.11”是与在第一频率上从第一卫星到接收机的整周期数相关联的实数估计。

[0137] 存在很多从浮点解形成整数的集合的可能性。换句话说, 将浮点解从具有实坐标的 n 维空间 R^n 投影到具有整数坐标的 n 维空间 Z^n 中可能导致很多不同的整数向量或整数候选集。

[0138] 将浮点解投影到整数空间中的一个简单方法是: 将每个模糊度 (即, 浮点解的每个浮点值) 取整到其最接近的整数值。如果最后的浮点值“1.50”被向下取整到“1”, 则这给出了第一模糊度候选集:

[0139] (2, 4, -1, -2, 1, 1, 1)

[0140] 如果浮点值“1.50”被相反地向上取整到“2”, 则提供了第二模糊度候选集:

[0141] (2, 4, -1, -2, 1, 1, 2)

[0142] 第二浮点值“3.58”和第三浮点值“-0.52”也可以被分别取整到“3”和“0” (仍要记住使等式系统 (1) 的残差 e 最小化的目的)。这给出了附加的一系列的六个候选集:

[0143] (2, 3, -1, -2, 1, 1, 1)

[0144] (2, 4, 0, -2, 1, 1, 1)

[0145] (2, 3, 0, -2, 1, 1, 1)

[0146] (2, 3, -1, -2, 1, 1, 2)

[0147] (2, 4, 0, -2, 1, 1, 2)

[0148] (2, 3, 0, -2, 1, 1, 2)

[0149] 下面将讨论如图 5a 所示的执行 Z 变换的可选步骤 140a。

[0150] 步骤 160 在于通过将整数值指派给浮点值来形成或定义整数值的候选集。整数的候选集被称为整数模糊度候选集。

[0151] 形成整数模糊度候选集的步骤 160 包括定义多个候选集。可以基于若干准则之一来确定要定义多少候选集。

[0152] 在一个实施例中, 通过所述指派步骤 160 来形成落入图 2a 至图 2e 中所示类型的不确定性区域内的所有候选集。该实施例具有的优点在于: 如果以非常高的概率已知整数的正确组合落入了不确定性区域内, 则以同样高的概率还已知在所考虑的候选集中的一个候选集是正确的那个。然而, 候选集的数目可能变大。例如, 如果不确定性区域对每个模糊度包括六个可能的整数值 (大致对应于图 2a 至图 2e 中示出的那种情形), 并且如果在每个整数模糊度候选集中存在七个模糊度 (图 2d 和图 2e 仅示出了三个模糊度), 则存在 6^7 (6 的七次幂) 个候选集, 其给出 279936 个候选集。

[0153] 将参照图 6a 和图 6b 来描述该方法的其它实施例并且特别是步骤 160。

[0154] 上述例子涉及在每个整数模糊度候选集中的七个模糊度。然而, 这仅是例子, 并且可能有多于或少于七个模糊度及相应的浮点值。

[0155] 仍然参照图 5a, 用于选择候选集的步骤 180 包括:

[0156] - 在步骤 160 中定义的候选集当中, 标识出一个参考候选集,

[0157] - 计算参考候选集的参考质量测量, 其中, 参考质量测量表示候选集距离浮点解的接近程度,

[0158] - 基于参考质量测量来定义含括门限 (inclusion threshold), 在此被称为第一门限, 以及

[0159] - 在步骤 160 中定义的候选集当中, 选择具有优于第一门限的质量测量的候选集。

[0160] 所选候选集构成了步骤 180 的输出。第一门限是基于参考候选集距离浮点解的接近程度来确定的。这使得能够针对最佳候选集有多好来修整该过程, 这已被认为是对该估计过程的收敛程度的度量。

[0161] 步骤 200 包括: 形成在步骤 180 中选择的所有候选集的加权平均, 其中, 基于候选集的质量测量或正确性的概率来确定与每个候选集相关联的权重。候选集越可能正确, 则其在加权平均中的权重越大。该加权平均形成了新的浮点解, 在此被称为 iFlex 解。iFlex 解是一些可能的整数模糊度结果 (而不是 (不确定性区域内的) 所有可能的整数模糊度结果) 的加权组合。已经发现相比于浮点解的收敛时间, iFlex 解以合理的计算时间量更快地收敛到正确解。

[0162] 下面将讨论如图 5a 所示的执行逆 Z 变换的可选步骤 200a。

[0163] 质量测量反映了一个特定的整数模糊度候选者符合观测值的程度。因此, 质量测量与观测残差的大小 (size) 成比例。

[0164] 经由下面的矩阵内积可以计算适当的质量测量 $\Psi_{\hat{a}_k}$ 。

[0165]

$$\Psi_{\hat{a}_k} = (\hat{a} - \hat{a}_k)^T Q_{\hat{a}}^{-1} (\hat{a} - \hat{a}_k) \quad (2)$$

[0166] 其中 \hat{a} 是浮点模糊度值的向量; \hat{a}_k 是候选集 k 的整数模糊度值的对应向量; $Q_{\hat{a}}^{-1}$ 是浮点模糊度协方差矩阵的逆。以上的标量表达可以被称为残余误差范数。

[0167] 例如, 如果在步骤 180 期间选择了上述示例性的八个候选集, 并且基于上述浮点解 (2.11, 3.58, -0.52, -2.35, 1.01, 0.98, 1.50) 计算了它们中的每一个的质量测量, 那么基于该质量测量来计算每个候选集的权重, 并且基于候选集和权重来计算加权平均。表 1 表示了所选候选集和相关联的质量测量的例子。

[0168] 根据以上对 $\Psi_{\hat{a}_k}$ 的表达式来计算表 1 中图示的质量测量值。假设测量结果正态分布, 则可以根据以下表达式来计算相应的候选权重 $\omega(\hat{a}_k)$:

[0169]

$$\omega(\hat{a}_k) = \frac{\exp\left\{-\frac{1}{2}\Psi_{\hat{a}_k}\right\}}{\sum_{\hat{a}_k \in Z^n} \exp\left\{-\frac{1}{2}\Psi_{\hat{a}_k}\right\}} \quad (3)$$

[0170]

候选集索引 (k)	所选候选集	质量测量	权重 $\omega(\hat{a}_k)$
1	(2,4,-1,-2,1,1,1)	0.219	0.9678
2	(2,4,-1,-2,1,1,2)	8.719	0.0138
3	(2,3,-1,-2,1,1,1)	9.819	0.0079
4	(2,4,0,-2,1,1,1)	11.102	0.0042
5	(2,3,0,-2,1,1,1)	11.559	0.0033
6	(2,3,-1,-2,1,1,2)	13.229	0.0014
7	(2,4,0,-2,1,1,2)	13.859	0.0011
8	(2,3,0,-2,1,1,2)	15.598	0.0004

[0171] 表 1(例子)

[0172] 经由以下表达式来计算整数模糊度候选的加权平均(\bar{a}_{iFlex}):

[0173]

$$\bar{a}_{iFlex} = \hat{a} + \sum_{\hat{a}_k \in Z^n} (\hat{a} - \hat{a}_k) \omega(\hat{a}_k) \quad (4)$$

[0174] 基于表 1 中给出的值, iFlex 模糊度估计如下:

[0175] (2.0000, 3.9869, -0.9910, -2.0000, 1.0000, 1.0000, 1.0167)

[0176] 以上已经描述了用于形成加权平均中的权重的适当的质量测量。然而, 质量

测量可以基于各种加权函数。注意到, 正态 ($e^{-\frac{1}{2}\sum\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)^2}$ 类型的分布)、拉普拉斯

($e^{-\alpha\sum\left|\frac{x-\mu}{\sigma}\right|}$ 类型的分布) 或最小最大 ($e^{-\max|x-u|}$ 类型的分布) 概率分布可以用于计算候选集的正确性的概率以及因此的权重。

[0177] 在一个实施例中(通过图 5a 中的可选步骤 140a 特别图示的), 在步骤 140 之后但在步骤 160 之前, 例如使用如在背景技术部分的 3.3 节的末尾公开的 Z 变换, 浮点解被变换到更为正交的空间。从计算的角度来说, Z 变换方法使得能够有效地覆盖整数搜索空间。尽管可以在无需 Z 变换的情况下实现 iFlex 技术, 但是使用 Z 变换用于实际的实现是有利的。可以使用其它的解相关技术。如果在浮点解上执行了 Z 变换, 则如图 5a 中的可选步骤 200a 所示, 还应当执行逆 Z 变换。尽管诸如图 8 的所有附图中都没有图示出来, 但是在其它实施例的上下文中 Z 变换和逆 Z 变换也构成可选并有利的步骤。

[0178] 图 5b 图示了本发明方法的一个实施例就收敛速度和精确度而言的益处。该曲线图示出了关于作为时间的函数而获得的位置误差而言的收敛性。通过参考该曲线图可以比较三种方法。

[0179] 首先,示出了浮点解收敛到正确的整数解,但是该收敛是慢的(通过被称为标记“浮点解”的曲线在图 5b 上示出)。其次,一种方法包括:将浮点解的一些载波相位模糊度定点化到整数值,以便快速地约束浮点解(即,通过定点化向量 a 的一些未知量以增加系统(1)的超定特性)。该第二方法可以快速地导致具有良好精确度的正确的定点解(通过被称为标记“正确的定点解”的曲线在图 5b 上示出)。然而,第二方法可能导致示出了大位置误差的不正确的定点解(通过被称为标记“不正确的定点解”的曲线在图 5b 上示出)。最后,在快速收敛和低误差风险的情况下,通过提供中间解,基于参照图 5a 所描述的方法的 iFlex 解填充了在浮点解(收敛但是慢)和定点解(收敛快,但具有误差风险)之间的空隙。

[0180] 在参照图 5a 描述的方法中,不需要连续执行步骤 160 和 180。也就是说,可以在步骤 180 的一些子步骤之后执行步骤 160 的一些子步骤。换句话说,当执行步骤 160 和 180 时,可能存在重叠。将参照图 6a 和图 6b 对此进一步进行解释。

[0181] 图 6a 图示了步骤 160 和 180 的一个实施例,用于将整数值指派给浮点解,以及选择候选集作为在步骤 200 中所形成的加权平均的输入。为清楚起见,在图 6a 中未图示图 5a 的步骤 120、140 和 200。

[0182] 在步骤 160a 中,通过将整数值指派给浮点解来形成一个参考候选集。这可以例如通过对浮点解的每个浮点解进行取整以直接的方式来实现。该参考候选集被包括在所选候选集的群组内(步骤 180a)。在该阶段,在所选候选集的群组中仅有一个候选集,即参考候选集。在步骤 180b 中,计算参考质量测量,其是在步骤 160a 中所定义的参考候选集的质量测量。基于参考质量测量,确定含括门限或第一门限(步骤 180c)。该含括门限将用于判定是否在所选候选集的群组内包括其它候选集中的每一个候选集。

[0183] 然后,通过将整数值指派给浮点解来形成附加候选集(步骤 160b)。在步骤 160b 中定义的附加候选集不同于在步骤 160a 中定义的参考候选集。附加候选集和参考候选集之间的不同涉及至少一个模糊度。计算附加候选集的质量测量(步骤 180d)并且将该质量测量与含括门限进行比较(步骤 180e)。如果附加候选集的质量测量优于含括门限,则附加候选集被包括(步骤 180f)在所选候选集的群组内。否则,附加候选集不被包括在所选候选集的群组中(步骤 180g)。

[0184] 重复步骤 160b、180d、180e 和 180f/180g,直到没有更多的候选集要检查,或者直到已经达到了所选候选集的最大数目。可以预先确定(即,事先确定)要选择的所选候选集的最大数目。

[0185] 图 6b 图示了步骤 160 和 180 的另一实施例,用于将整数值指派给浮点解,以及用于选择候选集作为输入用于在步骤 200 中形成加权平均。为清楚起见,在图 6b 中未图示图 5a 的步骤 120、140 和 200。

[0186] 在步骤 160c 中,通过将整数值指派给浮点解来形成多个候选集。在该步骤中,可以定义很多候选集。将从这多个候选集中选择要选择的候选集。

[0187] 步骤 160c 可以包括:对浮点解的每个浮点值进行取整以形成第一候选集,以及通过修改被指派给特定范围内(即,如图 2a 至图 2e 所示,例如在不确定性区域内)的每个模糊度的整数值来形成其它候选集。换句话说,步骤 160c 可以提供通过组合第一候选集的整数值的修改(添加 $\dots, -2, -1, 0, 1, 2, \dots$)而确定的很多候选集。

[0188] 选择（步骤 180h）在步骤 160c 中形成的一个候选集以构成一个参考候选集。可以按照参照图 6a 的步骤 160a 所描述的方式来执行对参考候选集的选择。

[0189] 在步骤 180h 中选择的参考候选集被包括（步骤 180a）在所选候选集的群组内。在步骤 180b 中，计算参考质量测量，其是参考候选集的质量测量。基于参考质量测量，确定含括门限或第一门限（步骤 180c）。该含括门限将用于判定是否在所选候选集的群组内包括其它候选集（在步骤 160c 中形成的候选集，而不是在步骤 180h 中被选择作为参考候选集的候选集）中的每一个候选集。

[0190] 考虑属于在步骤 160c 中所形成的候选集并且尚未被包括在所选候选集的群组中的候选集（步骤 180i）。

[0191] 计算所考虑的候选集的质量测量（步骤 180d）并且将该质量测量与含括门限进行比较（步骤 180e）。如果所考虑的候选集的质量测量优于含括门限，则所考虑的候选集被包括（步骤 180f）在所选候选集的群组内，以便形成新选择的候选集。否则，所考虑的候选集不被包括在所选候选集的群组中（步骤 180g）。

[0192] 如参照图 6a 以类似方式解释的，重复步骤 180i、180d、180e 和 180f/180g，直到没有更多的候选集要考虑，或者直到已经达到了所选候选集的最大数目。

[0193] 图 7 图示了步骤 160 和 180 的另一示例性实现，其将整数值指派给浮点解以形成整数候选集，并且选择候选集来用于在步骤 200 中所形成的加权平均。

[0194] 参照图 7，在树中组织整数值及其修改。该树中的每个级别对应于一个模糊度。可以穿行过该树以选择将形成加权平均的基础的候选集。在一个实施例中，通过对每个单独的浮点值进行取整来形成参考候选集，其对应于取走该树的所有左手侧分支。在图示的例子中，这给出了候选集：

[0195] (2, 4, -1, ..., 1)

[0196] 然后，对于选择步骤 180，考虑在不确定性区域内的所有整数修改，

[0197] 首先

[0198] (2, 4, -1, ..., 2)

[0199] 然后：

[0200] (2, 4, -1, ..., 0)

[0201] 按照相同的方式，分析具有会被选择的良好期望的所有分支。根据下式来计算每个节点的质量测量：

[0202]

$$\Psi_{\hat{a}_k} = (\hat{a} - \hat{a}_k)^T L_{\hat{a}}^T D_{\hat{a}} L_{\hat{a}} (\hat{a} - \hat{a}_k) \quad (5)$$

[0203] 其中，矩阵乘积 $L_{\hat{a}} D_{\hat{a}} L_{\hat{a}}^T$ 是经由下式将逆浮点模糊度协方差矩阵因式分解成较低的单位三角分量 $L_{\hat{a}}$ 和对角分量 $D_{\hat{a}}$ 来导出的：

$$L_{\hat{a}} D_{\hat{a}} L_{\hat{a}}^T = Q_{\hat{a}}^{-1} \quad (6)$$

[0205] 因此，质量测量可以呈现为下面的形式：

[0206]

$$\Psi_{\hat{a}_k} = \left[(\hat{a} - \hat{a}_k)^T L_{\hat{a}} \right] D_{\hat{a}} \left[L_{\hat{a}}^T (\hat{a} - \hat{a}_k) \right] \quad (7)$$

[0207] 因为 $L_{\hat{a}}$ 的三角性质,质量测量值在遇到搜索树的较低分支时总是增加的。因此,如果最大可接受的质量测量例如是 1.56,则可以立即剪除 (pruned) 以大于 1.56 的质量测量开始的任何分支。

[0208] 图 8 图示了该方法的进一步实施例的流程图,其中 (在步骤 200 中形成的) iFlex 解被用作用于估计 220 接收机的位置的基础。经由下面的矩阵表达式,接收机的位置可以通过将 iFlex 解的单独实数值变换到位置域中来获得:

[0209]

$$\bar{b}_{IFLEX} = \hat{b} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} (\hat{a} - \bar{a}_{IFLEX}) \quad (8)$$

[0210] 其中 $Q_{\hat{b}\hat{a}}$ 是位置 / 模糊度相关矩阵, \hat{b} 是浮点位置解, \hat{a} 是浮点模糊度估计的向量, \bar{a}_{IFLEX} 是 iFlex 模糊度估计,并且 \bar{b}_{IFLEX} 是 iFlex 位置估计。

[0211] 不是最初便在模糊度域中计算 iFlex 解,而是可以通过形成下面的加权平均而在位置域中直接形成 iFlex 解:

[0212]

$$\bar{b}_{IFLEX} = \hat{b} + \sum_{\hat{a}_k \in Z^n} \hat{b}_k \omega(\hat{a}_k) \quad (9)$$

[0213] 在 (9) 中使用的权重与以上在 (4) 中使用的权重相同。项 \hat{b}_k 含有在与整数模糊度候选集 \hat{a}_k 相对应的空间中的三维位置,其中:

[0214]

$$\hat{b}_k = -Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} (\hat{a} - \hat{a}_k) \quad (10)$$

[0215] 在一个实施例中,参考候选集是具有最佳质量测量的候选集,即,根据下式使残余误差范数值最小化的候选集:

[0216]

$$\Psi_{\hat{a}_{BEST}} = \min_{\hat{a}_k \in Z^n} \{ (\hat{a} - \hat{a}_k)^T Q_{\hat{a}}^{-1} (\hat{a} - \hat{a}_k) \} \quad (11)$$

[0217] 在一个实施例中,根据以下中的至少一个来确定第一门限,即 (在图 6a-6b 的步骤 180c 中所确定的) 含括门限:

[0218] - 参考质量测量的分数 (fraction), 诸如比参考质量测量差 1000 倍,

[0219] - 参考质量测量的倍数, 以及

[0220] - 与参考质量测量的距离。

[0221] 应当在下面的上下文中理解含括门限 (例如, 另外参考以上示例性的表 1, 并且尤其是其最后两列)。一方面, 含括门限的目标是定义要包括到加权平均中的最佳候选集的群

组。另一方面,与候选集相关联的权重 $\omega(\hat{a}_k)$ 越大,则候选集越优;并且与候选集相关联的示例性卡方(chi square)值 $(\hat{a} - \hat{a}_k)^T Q_{\hat{a}}^{-1}(\hat{a} - \hat{a}_k)$ (参见以上的等式(2))越小,则候选集越优。应当在该上下文(即,在目的是将最佳候选集包括到加权平均中的上下文)中理解针对含括门限确定的倍数、分数和距离。

[0222] 在一个实施例中,如图9所示,如果作为基于第一门限(即,基于例如参照图6a至图6b的含括门限)而选择候选集的步骤180的结果,候选集的数目比最小数目更小,则执行进一步的处理以便选择更多的候选集。在此,候选集的最小数目被称为第二门限。第二门限是关于候选集的数目的门限,而第一门限是关于候选集的质量测量的门限。

[0223] 如果作为基于第一门限而进行选择的步骤180的结果,确定所选候选集的数目(在此被称为所选候选集的“第一数目”)小于第二门限(步骤190),则提供进一步选择候选集的步骤195。在步骤195中,从具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的候选集(这可以通过进一步穿过如图7所示的树来执行)。第二数目等于(在步骤180中所选择的)所选候选集的第一数目与定义了要包括在加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差。

[0224] 该实施例确保了最小数目的集合被包括在(图9的步骤200中所形成的)加权平均中,iFlex解以此为基础。已经认识到,选择太少的候选集用于形成iFlex解可能造成其无法收敛。这主要是因为:如果选择了太少的候选集,则iFlex解可能不包括用于估计在解中的不确定性所需要的候选集的代表性样本。

[0225] 在一个实施例中,第二门限被包括在5和30之间。在一个实施例中,第二门限等于10。

[0226] 在一个实施例中,如图10所示,如果作为基于第一门限(即,基于例如参照图6a至图6b中的含括门限)而选择候选集的步骤180的结果,候选集的数目大于最大数目,则执行进一步的处理,以便从基于第一门限所获得的选择结果中移除一些所选候选集。在此,候选集的最大数目被称为第三门限。第三门限是关于候选集的数目的门限,而第一门限是关于候选集的质量测量的门限。

[0227] 如果作为基于第一门限进行选择的步骤180的结果,确定所选候选集的数目(在此被称为所选候选集的第一数目)大于第三门限(步骤191),则提供进行选择的进一步的步骤196。在步骤196中,从具有最低质量测量的所选候选集开始,按照降序排除第三数目的所选候选集,其中,第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0228] 已经认识到,选择太多的候选集用于形成加权平均和iFlex解基本上并不改进iFlex解的收敛。选择太多的候选集还增加了用于计算iFlex解的计算负担。

[0229] 在一个实施例中,第三门限被包括在100和10000之间,并且在一个实施例中,第三门限等于1000。

[0230] 在一个实施例中,一旦达到第三门限,则中断用于选择候选集的步骤180。

[0231] 在一个实施例中,iFlex解的各个值并不被反馈到观测等式中来对一些载波相位模糊度(在等式(1)中向量a的构成元素)进行定点化从而增加等式系统的超定特性。换句话说,并不将对于任何模糊度的定点化注回到计算浮点解的过程中。在每次迭代处(即,

每当新的观测值集合被馈送到滤波器中时),在不使用来自 iFlex 解的先前的信息的情况下,根据所生成的浮点解来重新计算 iFlex 解。相反,从使用过往状态向量 (past state vectors) 作为计算过程的一部分的滤波器 (例如,卡尔曼滤波器) 来获得浮点解。

[0232] 在一个实施例中,上述方法包括:使用加权平均来估计 GNSS 信号的接收机的位置。接收机可以是漫游器。

[0233] 在一个实施例中,在上述方法之一中,参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0234] 在一个实施例中,在上述方法之一中,候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对候选集到具有浮点模糊度的状态向量的统计距离的度量。

[0235] 在一个实施例中,在上述方法之一中,第一门限被确定为以下中的至少一个:参考质量测量的分数、参考质量测量的倍数,以及与参考质量测量的距离。

[0236] 在一个实施例中,上述方法中的任何一个包括:如果所选候选集的数目(在此被称为所选候选集的第一数目)小于第二门限,则从具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的更多候选集用于形成加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0237] 在一个实施例中,上述方法中的任何一个包括:如果所选候选集的数目(在此被称为所选候选集的第一数目)大于第三门限,则从具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0238] 在一个实施例中,具有最差质量测量的所选候选集是整数模糊度候选集 \hat{a}_k ,其提供最大残余误差范数值,即 $(\hat{a} - \hat{a}_k)^T Q_{\hat{a}}^{-1} (\hat{a} - \hat{a}_k)$ 的最大值。在一个实施例中,最差质量测量是距离最佳质量测量最远的质量测量。

[0239] 本发明的一个方面进一步包括一种用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的装置。该装置包括:接收机,该接收机从多个 GNSS 卫星中的每一个 GNSS 卫星接收 GNSS 信号;滤波器,该滤波器具有至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量,每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收到 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且该滤波器用于为状态向量的每个浮点模糊度估计浮点值;以及处理元件,该处理元件适于、能够或被配置以便:

[0240] - 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0241] - 选择具有比第一门限更优的质量测量的第一数目的候选集,其中,基于参考候选集的参考质量测量来确定第一门限;以及

[0242] - 获得所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在加权平均中被加权。

[0243] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便使用加权平均来估计 GNSS 信号的接收机的位置。

[0244] 在该装置的一个实施例中,参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0245] 在该装置的一个实施例中,候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对候选集到具有浮点模糊度的状态向量的统计距离的度量。

[0246] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便确定第一门限作为以下中的至少一个:参考质量测量的分数、参考质量测量的倍数,以及与参考质量测量的距离。

[0247] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果所选候选集的数目(在此被称为所选候选集的第一数目)小于第二门限,则从具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的更多候选集用于形成加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0248] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果所选候选集的数目(在此被称为所选候选集的第一数目)大于第三门限,则从具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0249] 如在标题为“[6. 可应用于以上部分的方面和实施例的组合以及进一步的考虑]”的章节6中更详细地解释的,上述装置的接收机、滤波器和处理元件可以彼此分离。如还在章节6中更详细描述,本发明还涉及计算机程序、计算机程序介质、计算机程序产品以及含有用于执行上述方法中的任何一个的代码指令的固件更新。

[0250] [2. 质量测量的换算]

[0251] 以上已经提到对候选集的选择可以基于通过参考候选集的质量测量所确定的门限。

[0252] 根据一个实施例,除此之外或作为替代,采取最佳候选集的质量测量来调整如何计算候选集的质量测量。在该实施例中,提供候选集的质量测量的函数是整数组合的正确性的概率函数。质量测量分布可以被调节成对潜在观测误差的期望。如果最佳候选集差于观测误差的期望值,则扩宽质量测量分布。如果最佳候选集优于期望值,则可以缩窄质量测量分布。还可以仅提供对质量测量分布的扩宽而不对其进行缩窄。

[0253] 然后,使用质量测量的这一被扩宽或被缩窄的分布来影响加权平均。

[0254] 一个选项是通过换算质量测量的分布来影响候选集的选择过程,其中,被扩宽的分布导致将更多的候选集包括到加权平均中,并且被缩窄的分布导致将更少的候选集包括到加权平均中。在该方面中的对分布进行换算指的是将质量测量乘以换算因子。

[0255] 另一选项是影响从所选候选集形成加权平均。被扩宽的分布应当导致均衡化趋势,其中,均衡化趋势意味着具有不同质量测量的候选集的贡献的影响将倾向于彼此更接近,从而使得当计算加权平均时在最佳质量测量上施加更少的影响。相比之下,被缩窄的分布应当导致在加权平均中强调具有良好质量测量的候选集的贡献,从而使得当计算加权平均时在具有最佳质量测量的候选集上施加更多的影响。

[0256] 可以组合这两个选项。

[0257] 根据一个实施例,一种用于估计从GNSS信号导出的参数的方法(其中,执行用于

换算质量测量的操作)包括:从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;将观测值馈送到具有状态向量的滤波器,所述状态向量至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且该滤波器用于为状态向量的每个浮点模糊度估计浮点值;将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;为每个候选集确定质量测量;确定候选集的最佳质量测量;确定具有最佳质量测量的候选集的期望值;将误差测量确定为最佳质量测量与期望值之比;根据误差测量来调整候选集的质量测量;以及基于所调整的质量测量来获得候选集的子组的加权平均,其中,基于所调整的质量测量进行以下中的至少一个:选择候选集的所述子组,以及在加权平均中对每个候选集进行加权。

[0258] 根据本发明的上述方面的方法的优点包括以下事实:按照观测误差的统计特性被预测的良好程度来选择候选集包括到加权平均中。

[0259] 图 11a 图示了本发明的方法的一个实施例。方法 1100 包括从卫星获得 GNSS 信号的观测值的步骤 1120,该步骤类似于参照图 5a 所描述的步骤 120。该步骤的输出是一系列观测值,其对应于等式系统 (1) 的向量 y 的元素(参见背景技术章节)。然后,观测值被馈送到滤波器中(步骤 1140)。该步骤类似于参照图 5a 所描述的步骤 140。步骤 1140 的输出是浮点解,其中模糊度被估计为实数。如图 11a 所示的执行 Z 变换的可选步骤 1140a 将在后面进行讨论。

[0260] 然后,将整数值指派给浮点解的每一个浮点值以形成整数候选集(步骤 1160)。步骤 1160 类似于参照图 5a 所描述的步骤 160。在步骤 1180 中,使用门限来选择在步骤 1160 中所定义和形成的一些候选集。在该实施例中,门限不一定是基于参考质量测量,并且反而可以是与绝对质量测量值相对应的门限。

[0261] 在图 11a 中图示的实施例中,在将整数值指派给浮点解以定义候选集的步骤 1160 之后,标识出最佳候选集。在步骤 1170 中使用最佳候选集。

[0262] 在该步骤中,确定最佳候选集的期望,并且基于最佳候选集的期望,修改其它候选集的质量测量,或者修改用于计算候选集的质量测量的函数。即,如果最佳候选集的质量测量优于所期望的质量测量,则修改质量测量函数使得降低所选候选集的数目。相反,如果最佳候选集的质量测量差于所期望的质量测量,则修改其它候选集的质量测量,以便在加权平均中包括更多的候选集。

[0263] 作为步骤 1170 的输出,经调整的质量测量被提供来影响对候选集的选择。

[0264] 最后,在步骤 1200 中形成所选候选集的加权平均。获得 iFlex 解作为步骤 1200 的输出。下面讨论如图 11a 所图示的执行逆 Z 变换的可选步骤 1200a。

[0265] 在(由图 11a 中的可选步骤 1140a 所图示的)一个实施例中,在步骤 1140 之后但是在步骤 1160 之前,例如使用如在背景技术部分的第 3.3 节的末尾所公开的 Z 变换,将浮点解变换到更正交的空间。从计算的角度来说, Z 变换方法使得能够有效地覆盖整数搜索空间。尽管可以在没有 Z 变换的情况下实现 iFlex 技术,但是使用 Z 变换用于实际实现是有利的。可以使用其它的解相关技术。如果对浮点解执行了 Z 变换,则如图 11a 中的可选步骤 1200a 所示,还应当执行逆 Z 变换。尽管诸如图 11b 和图 11c 的所有附图中都没有进行图示,但是在其它实施例的上下文中, Z 变换和逆 Z 变换也构成了可选并有利的步骤。

[0266] 图 11b 图示了本发明的方法 1100 的另一个实施例。在该实施例中,提供了经调整的质量测量来影响在步骤 1200 中形成的候选集的加权平均的权重。图 11b 中没有表示在图 11a 中图示的步骤 1180,因为在这种情况下,可以考虑不确定性区域内的所有候选集用于形成作为 iFlex 解的基础的加权平均。

[0267] 图 11c 图示了本发明的实施例的方法 1100,其构成了对图 11a 和图 11b 中图示的实施例的组合。即,在步骤 1170 中如下使用最佳候选集。确定最佳候选集的期望并且相应地调整质量测量。提供经调整的质量测量来影响(在步骤 1180 中的)候选集合选择和(在步骤 1200 中形成的)加权平均的权重这二者。

[0268] 图 12 图示了在图 11a 至图 11c 中的步骤 1160 和 1170 之间的过渡的更多细节。在将整数值指派给浮点解以定义候选集的步骤 1160 之后,确定每个候选集的质量测量(步骤 1161)。然后标识出最佳候选集(步骤 1162),并且确定最佳候选集的期望以便调整质量测量(步骤 1170)。作为步骤 1170 的输出,经调整的质量测量被用于影响候选集的选择或加权平均的权重,或者影响这二者。

[0269] 图 13a 和图 13b 图示了步骤 1170 的两个实施例,包括确定最佳候选集的期望以及相应地调整质量测量。

[0270] 在图 13a 中,计算最佳解(即,最佳候选集)的协方差矩阵(步骤 1171)。然后,计算单位方差(步骤 1172)。如果单位方差小于或等于 1.0,则不执行换算(步骤 1173)。否则,即,如果单位方差大于 1.0,则换算浮点解的协方差矩阵(步骤 1174)。如果单位方差大于 1.0,则这意味着按照太乐观的方式设置了残差的统计属性。然后,根据最佳候选集的期望来调整质量网络的这一实际实现可以用来影响候选集选择和/或加权平均的权重以形成 iFlex 解。

[0271] 图 13b 图示了步骤 1170 的实施例,其类似于参照图 13a 所描述的步骤,不同之处在于:不仅当单位方差大于 1.0 时(意味着已经做出了残差的统计属性的乐观选择),而且当单位方差小于 1.0 时(意味着已经做出了残差的统计属性的悲观选择),都换算浮点解的协方差矩阵(步骤 1174)。换句话说,如果在步骤 1172 中确定单位方差等于 1.0,则不执行换算(步骤 1173)。相反,如果在步骤 1172 中确定单位方差不同于 1.0,则换算浮点解的协方差矩阵(步骤 1174)。

[0272] 可以取得值 1.0 周围的裕量(margin)。例如,步骤 1172 可以相当于检查单位方差是否被包括在 $1.0 - \epsilon$ 和 $1.0 + \epsilon$ 之间,其中 ϵ 是具有例如值 0.05 的裕量。

[0273] 换算被用于调整或改变噪声的统计属性(等式系统(1)的残差 e)。

[0274] 图 14 在左侧上图示了在乐观情形下残差的概率分布的换算(单位方差大于 1.0 或大于 $(1.0 + \epsilon)$)。在图 14 的右侧上图示的换算图示了在残差的统计属性的悲观选择情况下残差的概率分布的换算(单位方差小于 1.0 或小于 $(1.0 - \epsilon)$)。

[0275] 几个示例性候选集(表示为 c_0, c_1, \dots, c_8)被示为在图 14 的概率分布函数(PDF)图形上源自水平轴的垂直线。可以看出,换算导致候选集的权重的变化(被示为在 PDF 上的垂直线的不同高度)并且可能包括更多的候选集或更少的候选集。图 14 的左侧示出了在换算浮点解的协方差矩阵之前的四个候选集 $\{c_0, c_1, c_2, c_3\}$ (图 14 上的左上图)以及在换算协方差矩阵之后的七个候选集 $\{c_0, c_1, c_2, c_3, c_4, c_5, c_6\}$ (图 14 上的左下图)。图 14 的右侧示出了在换算之前的四个候选集 $\{c_0, c_1, c_2, c_3\}$ (图 14 上的右上图)以及

在换算之后的两个候选集 $\{c_0, c_1\}$ (图 14 上的右下图)。曲线图仅是例子并且实际情况可以包括很多更多的候选集。

[0276] 在一个实施例中,上述方法包括:通过调节浮点解的方差-协方差矩阵,根据误差测量来调整候选集的质量测量。

[0277] 在一个实施例中,上述方法包括:如果误差测量在预定范围中,则使用误差测量来调节滤波器的方差-协方差矩阵。

[0278] 在一个实施例中,上述方法包括:如果误差测量大于一,则使用误差测量来调节滤波器的方差-协方差矩阵。

[0279] 本发明的一个方面进一步包括一种用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的装置。该装置包括:接收机,该接收机适于从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;滤波器,该滤波器具有至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量,每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收到 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且该滤波器用于为状态向量的每个浮点模糊度估计浮点值;以及处理元件,该处理元件适于、能够或被配置以便:

[0280] - 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0281] - 确定每个候选集的质量测量;

[0282] - 确定候选集的最佳质量测量;

[0283] - 确定具有最佳质量测量的候选集的期望值;

[0284] - 确定作为最佳质量测量与期望值之比的误差测量;

[0285] - 根据误差测量来调整候选集的质量测量;以及

[0286] - 基于经调整的质量测量来获得候选集的子组的加权平均,其中,基于经调整的质量测量来进行以下中的至少一个:选择候选集的所述子组,以及在加权平均中对每个候选集进行加权。

[0287] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:通过调节浮点解的方差-协方差矩阵,根据误差测量来调整候选集的质量测量。

[0288] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果误差测量在预定范围中,则使用误差测量来调节滤波器的方差-协方差矩阵。

[0289] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果误差测量大于一,则使用误差测量来调节滤波器的方差-协方差矩阵。

[0290] 如在标题为“[6. 可应用于以上部分的方面和实施例的组合以及进一步的考虑]”的章节 6 中更详细地解释的,上述装置的接收机、滤波器和处理元件可以彼此分离。如还在章节 6 中更详细描述,本发明还涉及计算机程序、计算机程序介质、计算机程序产品以及含有用于执行上述方法中的任何一个的代码指令的固件更新。

[0291] [3. 指示加权平均解的收敛性]

[0292] 在一个实施例中,一种用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的方法包括:从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;将观测值馈送到具有状态向量的滤波器,该状态向量包括用于 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS

信号的整波长数的非整数估计,该滤波器为状态向量的每个浮点模糊度估计浮点值,并且估计与状态向量相关联的协方差值;将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;获得候选集的加权平均;基于滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,该形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;确定加权平均的所获得的精确度值;将所获得的精确度值与形式上的精确度值进行比较,以便获得收敛值;以及指示状态向量的确定结果的收敛性。

[0293] 本发明的这个方面的优点主要包括:向用户提供关于 iFlex 已经收敛到浮点定点解的程度的指示。

[0294] 在图 15 中图示的本发明的一个实施例中,提供了用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的进一步的方法 2100。如以上相对于其它实施例所述,关于 Z 变换的考虑也应用于本实施例。

[0295] 该方法包括从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值的步骤 2120。该步骤类似于参照图 5a 和图 11a 至图 11c 所描述的步骤 120 和 1120。

[0296] 该方法进一步包括将观测值馈送到具有状态向量的滤波器的步骤 2140,该状态向量包括针对 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收到 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数的实数估计,该滤波器估计状态向量的每个浮点模糊度的浮点值,以及估计与状态向量相关联的协方差值。该步骤类似于参照图 5a 和图 11a 至图 11c 所描述的步骤 140 和 1140。

[0297] 该方法进一步包括步骤 2160,将其将整数值指派给所估计的浮点值或者指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集。该步骤类似于参照图 5a 和图 11a 至图 11c 所描述的步骤 160 和 1160。

[0298] 然后,输出候选集的加权平均以形成所谓的 iFlex 解(步骤 2200)。可以在步骤 2160 中选择如参照图 2a 至图 2e 所图示的不确定性区域的所有整数模糊度候选集,用于在步骤 2200 中形成加权平均。替代地,可以仅选择不确定性区域的候选集的子集。即,可以选择最接近浮点解(步骤 2140 的输出)的候选集,用于在步骤 2200 中形成加权平均。

[0299] 在步骤 2205 中,基于完全定点化的整数解的协方差值来确定形式上的精确度值。也就是说,根据从步骤 2140 获得的浮点解的协方差矩阵,确定形式上的精确度。这是通过假设在浮点解的协方差矩阵中已知整数值来完成的。这提供了“形式上的精确度”。表达方式“形式上的精确度”在这里涉及正确的定点解将具有的精确度,其是完全收敛的 iFlex 解的等同物。

[0300] 在步骤 2210 中,确定加权平均(即, iFlex 解)的所获得的精确度值。所获得的精确度对应于形式上的精确度加上由 iFlex 加权总和所引起的附加的不确定性。

[0301] 然后,将(在步骤 2210 中得到的)所获得的精确度值与(在步骤 2205 中得到的)形式上的精确度值进行比较以获得收敛值(步骤 2215)。

[0302] 然后,指示状态向量的确定结果的收敛性(步骤 2218)。关于收敛的指示向(一个或多个)用户(例如,向漫游器的用户,或者更一般地,向网络处理站的处理操作的观测者)提供了关于 iFlex 解相对于正确的定点解收敛的接近程度的信息。这是因为所获得的精确度考虑了由于 iFlex 解(由于对所选候选集进行平均)所造成的误差以及(通过定点化整数值而获得的)定点解的理论裕量误差。当由于 iFlex 解所造成的误差接近零时,所

获得的精确度接近理论裕量误差,并且可以向用户声明 iFlex 是定点化的。

[0303] 可以如下获得形式上的精确度。在步骤 2140 中获得的浮点解的特征在于向量:

$$[0304] \quad \begin{bmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{bmatrix} \quad (12)$$

[0305] 其中,

[0306] 参数上方的附加符号 $\hat{\cdot}$ 指示参数是从浮点解导出的;

[0307] \hat{a} 是包括从浮点解导出的载波相位模糊度的 n 维向量;以及

[0308] \hat{b} 是包括同样从浮点解导出的其余参数(即所谓的基线参数)的 p 维向量(参见背景技术中的等式(1))。

[0309] 与浮点解相关联的协方差矩阵是

$$[0310] \quad \begin{bmatrix} Q_{\hat{a}} & Q_{\hat{a}\hat{b}} \\ Q_{\hat{b}\hat{a}} & Q_{\hat{b}} \end{bmatrix} \quad (13)$$

[0311] 一旦已经通过将载波相位模糊度的实数估计 \hat{a} 从 \mathbb{R}^n 映射到 \mathbb{Z}^n 而将浮点解映射到整数解,则通过下面的表达式来获得形式上的精确度:

$$[0312] \quad Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \quad (14)$$

[0313] 其中,

[0314] $Q_{\hat{b}}$ 是从浮点解导出的基线参数的协方差矩阵;

[0315] $Q_{\hat{b}\hat{a}}$ 是从浮点解导出的载波相位模糊度和从浮点解导出的基线参数的协方差矩阵;

[0316] $Q_{\hat{a}}^{-1}$ 是从浮点解导出的载波相位模糊度的协方差矩阵的逆;以及

[0317] $Q_{\hat{b}\hat{a}}^T$ 是协方差矩阵 $Q_{\hat{b}\hat{a}}$ 的转置。

[0318] 可以如下得到所获得的精确度。通过下面的表达式来计算 iFlex 解的协方差矩阵:

$$[0319] \quad \left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right] + \left[\frac{Q_{\bar{b}_{SUM}}}{\kappa_{SUM}} - \bar{b}_{IFLEX} \bar{b}_{IFLEX}^T \right] \quad (15)$$

[0320] 其中:

[0321] $Q_{\bar{b}_{SUM}}$ 是累积的 iFlex 基线参数的协方差,其等于 $\sum_{\hat{a}_k \in \mathbb{Z}^n} \hat{b}_k \hat{b}_k^T \kappa(\hat{a}_k)$;

[0322] $\kappa(\hat{a}_k)$ 是整数模糊度候选 \hat{a}_k 的权重;

[0323] κ_{SUM} 是根据每个候选量而累积的权重的总和;

[0324] \bar{b}_{IFLEX} 是 iFlex 基线参数;以及

[0325] \bar{b}_{IFLEX}^T 是 \bar{b}_{IFLEX} 的转置。

[0326] 换句话说, $\left[\frac{Q_{\bar{b}_{SUM}}}{\mathbf{K}_{SUM}} - \bar{b}_{IFLEX} \bar{b}_{IFLEX}^T \right]$ 是在由于 GNSS 模型本身的理论不确定性上,

由于加权总和或者由 iFlex 加权总和所造成的附加不确定性而引起的对 iFlex 解的协方差的贡献。

[0327] 当 $\left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right] + \left[\frac{Q_{\bar{b}_{SUM}}}{\mathbf{K}_{SUM}} - \bar{b}_{IFLEX} \bar{b}_{IFLEX}^T \right]$ (其是所获得的精确度) 的

迹 (trace) 接近于 $\left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right]$ (其是形式上的精确度) 的迹时, iFlex 位置协方差矩阵接近于整数模糊度解 (即, 整数约束的模糊度解) 的位置协方差矩阵。因此, 收敛程度可以通过对所获得的精确度和形式上的精确度进行比较来指示。

[0328] 当在比较步骤 2215 中确定所获得的精确度足够接近于形式上的精确度时, 向用户提供关于收敛值的指示, 指示 iFlex 解已经充分收敛从而实际上等同于达到用户目的的正确定解。

[0329] 在一个实施例中, 通过将所获得的精确度值与形式上的精确度值进行比较在步骤 2215 中获得了收敛值, 其中比较包括: 计算所获得的精确度值与形式上的精确度值之比。

[0330] 被计算用于获得收敛值的比可以例如是:

$$[0331] \frac{\text{tr} \left\{ \left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right] + \left[\frac{Q_{\bar{b}_{SUM}}}{\mathbf{K}_{SUM}} - \bar{b}_{IFLEX} \bar{b}_{IFLEX}^T \right] \right\}}{\text{tr} \left\{ \left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right] \right\}} \quad (16)$$

[0332] 其中, “tr {}” 运算符是迹运算符 (矩形矩阵的迹是主对角线 (即从左上到右下的对角) 上的元素的总和)。

[0333] 替代地, 被计算用于获得收敛值的比可以例如是:

$$[0334] \frac{\det \left\{ \left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right] + \left[\frac{Q_{\bar{b}_{SUM}}}{\mathbf{K}_{SUM}} - \bar{b}_{IFLEX} \bar{b}_{IFLEX}^T \right] \right\}}{\det \left\{ \left[Q_{\hat{b}} - Q_{\hat{b}\hat{a}} Q_{\hat{a}}^{-1} Q_{\hat{b}\hat{a}}^T \right] \right\}} \quad (17)$$

[0335] 其中, det {} 运算符是矩阵行列式运算符。

[0336] 在一个实施例中, 参照图 16a 所描述的方法进一步包括: 确定当所获得的位置的精确度优于收敛门限时的时刻的步骤 2225; 以及在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后指示状态向量的确定结果的收敛性的步骤 2230。

[0337] 参照图 16a 将对此理解得更好, 图 16a 是如图 15 所示的提供关于收敛值的指示的步骤 2218 的一个实施例的流程图。步骤 2218 包括子步骤 2225, 其确定在时刻 $t = t_0$, 收敛性 (如上所述, 其可以是所获得的精确度值与形式上的精确度值之比) 优于收敛门限。在步骤 2225 中做出所述确定之后, 从时刻 t_0 到时刻 $t_0 + \Delta H$ 在步骤 2230 中指示绝对收敛

或定点收敛,其中 ΔH 是保持关于定点收敛的指示的持续时间(即使是收敛值低于收敛门限)。

[0338] 该机制向(一个或多个)用户提供了对定点指示的保持力。因此,避免了收敛指示在指示“定点”和指示“浮点”之间的摆动(flickering)。

[0339] 持续时间 ΔH 可以是恒定的(并且例如被提前确定为配置参数,即,被预先确定),如图 16b 和图 16c 所图示的,或者可以取决于收敛值在收敛门限之下的偏离程度,如图 16d 和图 16e 所图示的。

[0340] 现在将参照图 16b 至图 16e 来描述提供了收敛值指示的步骤 2218 的实现的例子。

[0341] 图 16b 图示了 iFlex 解相对于正确的定点解的收敛的时间演进。如上所述,该收敛可以被计算为所获得的精确度与形式上的精确度之比。收敛值 1(一)将意味着:加权平均解已经完全收敛到定点解,并且从所选候选集的加权平均无法期望有任何进一步的改进。

[0342] 从图 16b 的曲线图的左手侧开始,显示收敛值增加,而仍然低于收敛门限(例如具有值 0.95)。在这种情形下,提供给用户的指示是“浮点”(如在图 16b 的下方所图示的)。一旦收敛值达到收敛门限,则向接收机上的用户所提供的指示从“浮点”切换到“定点”。只要收敛值停留在收敛门限之上,则收敛指示就是“定点”。此后,当收敛值降低到收敛门限之下时,所提供的收敛指示并不立即切换到“浮点”。在收敛值低于收敛门限期间的持续时间 $\Delta H(t)$ 内,指示停留在“定点”。持续时间 $\Delta H(t)$ 是所谓的指示滞后。

[0343] 参照图 16a 中的步骤 2225 所描述的时刻 t_0 对应于收敛值向下穿过收敛门限的时间点。

[0344] 一旦超过持续时间 $\Delta H(t)$,即,一旦收敛值已经在超过 $\Delta H(t)$ 的持续时间中低于收敛门限,则收敛指示从“定点”切换到“浮点”。

[0345] 最后,仍然如图 16b 所示,当收敛值返回到高于收敛门限,则指示再次从“浮点”切换到“定点”。

[0346] 图 16c 图示了类似的例子,其中,滞后持续时间 $\Delta H(t)$ 是恒定的持续时间(诸如恒定的预定持续时间)。在图 16c 图示的例子中,在收敛值已经达到收敛门限达第一时间之后,其在超过 $\Delta H(t)$ 的持续时间中并没有返回到低于收敛门限。因此,在首次跨过收敛门限之后,收敛指示停留在“定点”。

[0347] 图 16d 图示了这样的例子,即在该例中,滞后持续时间没有被设置为恒定持续时间,相反,滞后持续时间取决于低于收敛门限的收敛值的实际偏差 Δc 。记号 $\Delta H(c)$ 指示了所述滞后取决于收敛值相对于收敛门限(即,低于收敛门限)的偏差。

[0348] 根据图 16d 的左手侧,可以示出收敛值向上增加从而达到收敛门限。在该点,收敛指示从“浮点”切换到“定点”。然后,当停留在收敛门限以上达一段时间之后,收敛值降低从而跨过收敛门限,并且然后再次降低而低于收敛门限到一定程度。

[0349] 收敛指示在滞后持续时间 $\Delta H(c)$ 期间停留在“定点”(即,直到收敛值已经减少了在收敛门限之下的收敛偏差 Δc)。在该点,收敛指示从“定点”切换回到“浮点”。

[0350] 指示“浮点”被保持,直到收敛值再次跨过收敛门限。在该点,指示再次切换到“定点”。

[0351] 图 16e 图示了另一例子,其中,滞后持续时间取决于与收敛门限的偏差 Δc 。在图 16e 中图示的例子中,在首次达到收敛门限之后,收敛值并没有在收敛门限之下减少超过偏

差 Δc 。因此,所提供的收敛指示停留在“定点”。

[0352] 具有滞后特性的收敛指示过程改进了稳定性和系统可使用性。

[0353] 以上已经将滞后持续时间描述为具有恒定持续时间(图 16b 和图 16c)或取决于与收敛门限的偏离程度的持续时间(图 16d 和图 16e)。在一个实施例中,滞后持续时间取决于以下二者:收敛值在收敛门限以下所花费的时间,以及与收敛门限的偏离程度。

[0354] 图 17a 图示了参照图 15 所描述的方法的一个实施例。在图 17a 中图示的实施例中,一旦已经确定了所获得的精确度(步骤 2210,图 17a 中未示出,而是在图 15 上示出),确定(步骤 2211)所获得的精确度是否优于无条件含括门限。如果是,则指示(步骤 2219) iFlex 解已经收敛(“定点”指示)。否则,执行将所获得的精确度与形式上的精确度进行比较以及相应地指示收敛值的步骤 2215 和 2218。已经参照图 15 描述了这些步骤。

[0355] 图 17b 图示了一个实施例,其中,在已经确定了所获得的精确度之后(步骤 2210,图 17a 中未示出,而是在图 15 上示出),确定(步骤 2212)所获得的精确度是否差于无条件排除门限。如果是,则指示(步骤 2221) iFlex 解尚未收敛(“浮点”指示)。否则,执行参照图 15 所描述的步骤 2215 和 2218。

[0356] 可以组合参照图 17a 所描述的实施例(使用无条件含括门限于所获得的精确度)和参照图 17b 所描述的实施例(使用无条件排除门限于所获得的精确度)。

[0357] 图 18a 至图 18d 图示了两个例子,其将含括门限和排除门限应用于在步骤 2210 中确定的所获得的精确度。即,图 18a 图示了无条件含括门限的应用的例子,图 18b 图示了无条件排除门限的应用的例子,图 18c 图示了无条件含括门限和无条件排除门限的组合应用的例子,并且图 18d 图示了无条件含括门限和无条件排除门限的组合应用的例子(其中关于无条件含括和排除门限应用了滞后(以改进指示稳定性))。

[0358] 图 18a 图示了所获得的精确度的演进的例子。该曲线图示出了作为时间(例如以秒为单位)的函数的所获得的位置精确度(例如,以厘米为单位)。如参照图 16a 至图 16e 解释的,从该曲线图的左手侧开始,只要所获得的精确度在无条件含括门限之上,则取决于(例如对应于所获得的精确度值与形式上的精确度值之比的)收敛值来确定提供给用户的收敛指示。所获得的精确度一达到无条件含括门限,则收敛指示是“定点”,而无论形式上的精确度的值是什么。

[0359] 图 18b 图示了无条件排除门限的应用的例子。在该曲线图的左手侧开始,示出了要改进(从而在曲线图上降低)的所获得的精确度,此时仍然在无条件排除门限之上。在该情况下(该曲线图的最左手侧),所提供的收敛指示是“浮点”(图 18b 的下方所示出的),而无论形式上的精确度的值是什么。

[0360] 所获得的精确度一降低到无条件排除门限之下,则收敛指示就变得取决于收敛值,如参照图 16a 至图 16e 所解释的。如果在一个时间点,所获得的精确度返回到无条件排除门限之上的级别,则收敛指示是“浮点”,而无论形式上的精确度的值是什么。

[0361] 图 18c 图示了无条件排除门限和无条件含括门限的组合应用的例子。首先,所获得的位置精确度的值在无条件排除门限之上,从而使得提供给用户的指示是“浮点”,而无论形式上的精确度的值是什么(该曲线图的最左手侧)。当所获得的精确度被包括在无条件排除门限和无条件含括门限之间时,收敛指示变得取决于收敛值,如参照图 16a 至图 16e 所解释的。当所获得的位置精确度降低到无条件含括门限之下时,收敛指示是“定点”,而无

论形式上的精确度的值是什么。

[0362] 图 18d 图示了无条件含括门限和无条件排除门限的组合应用于所获得的精确度，其中这两个门限经历滞后（以便改进提供给用户的指示的稳定性）。图 18d 的例子类似于图 18c 的例子，不同之处在于：当所获得的位置精确度增加到无条件排除门限之上时，无条件排除门限被降低了特定偏差（这导致对滞后的应用）。然后，如果所获得的精确度降低到被临时降低的无条件排除门限之下，则所获得的精确度离开排除区域（其中，提供了收敛指示“浮点”，而无论形式上的精确度的值是什么）。所获得的精确度一降低到被临时降低的无条件排除门限之下，则无条件排除门限便被设置回到其原始级别。

[0363] 同样的情况应用于无条件含括门限。即，所获得的精确度一降低到无条件含括门限之下，则无条件含括门限的级别就被上升给定偏差。指示“定点”被恒定地提供给用户，而无论形式上的精确度的值是什么，直到所获得的精确度增加到被临时增加的无条件含括门限之上。在该时间点，无条件含括门限被设置回到其原始级别。

[0364] 在该方法的一个实施例中，获得作为所获得的精确度值与形式上的精确度值之比的收敛值。

[0365] 在一个实施例中，该方法包括：确定当位置的收敛值优于收敛门限时时刻；以及在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后指示状态向量的确定结果的收敛性。

[0366] 在一个实施例中，该方法包括：估计基于加权的模糊度而确定的接收机位置的所获得的精确度；以及如果该位置的所获得的精确度优于含括门限，则指示状态向量的确定结果的收敛性。

[0367] 在一个实施例中，该方法包括：估计基于加权的模糊度而确定的接收机位置的所获得的精确度；以及如果该位置的所获得的精确度差于排除门限，则指示状态向量的确定的非收敛性。

[0368] 本发明的一个方面进一步包括一种用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的装置，其包括：接收机，该接收机适于从多个 GNSS 卫星的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值；滤波器，该滤波器具有包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量，每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收到 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数的非整数估计，该滤波器估计状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与状态向量相关联的协方差值；以及处理元件，该处理元件适于、能够或被配置以便：

[0369] - 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组，以便定义多个整数模糊度候选集；

[0370] - 获得候选集的加权平均；

[0371] - 基于滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值，形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量；

[0372] - 确定加权平均的所获得的精确度值；

[0373] - 将所获得的精确度值与形式上的精确度值进行比较以获得收敛值；以及

[0374] - 指示状态向量的确定结果的收敛性。

[0375] 在该装置的一个方面中，所述处理元件适于、能够或被配置以便：获得作为所获得的精确度值与形式上的精确度值之比的收敛值。

[0376] 在该装置的一个方面中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:确定当位置的收敛值优于收敛门限时的时刻;以及在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示状态向量的确定结果的收敛性。

[0377] 在该装置的一个方面中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:估计基于加权的模糊度而确定的接收机位置的所获得的精确度;以及如果该位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示状态向量的确定结果的收敛性。

[0378] 在该装置的一个方面中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:估计基于加权的模糊度而确定的接收机位置的所获得的精确度;以及如果该位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示状态向量的确定结果的非收敛性。

[0379] 如在标题为“[6. 可应用于以上部分的方面和实施例的组合以及进一步的考虑]”的章节6中更详细地解释的,上述装置的接收机、滤波器和处理元件可以彼此分离。如同样在章节6中更详细解释的,本发明还涉及计算机程序、计算机程序介质、计算机程序产品和含有用于执行上述方法中的任何一个的代码指令的固件更新。

[0380] [4. 在跟踪中断之后保持旧有的观测值]

[0381] 为了确定载波相位模糊度(即,从每个卫星到接收机的所观测到的载波信号的未知周期数),使用了滤波器。滤波器估计动态系统(GNSS系统)的状态。通过包括载波相位模糊度(无差或单差或双差模糊度)的状态向量来表示该状态。

[0382] 模糊度指示了在特定时刻(例如,当初始化系统时)在接收机和卫星之间的载波的未知周期数,并且因而模糊度是定点值。通过将越来越多的观测值收集到滤波器中,滤波器的状态向量逐渐收敛到模糊度的稳定值。

[0383] 在演进时间期间,通常,锁相环跟踪载波信号并且确定要向初始值(将由滤波器来估计该初始值)添加或从该初始值减去的附加周期数。原则上,然后可以在特定时刻,基于状态向量的初始未知周期数和另外跟踪的锁相环的振荡数(number of oscillations)来确定接收机和卫星之间的距离。到多个卫星的距离确定了接收机的位置。然而,不同卫星和接收机之间的单差或双差模糊度对确定接收机的位置也是有用的。

[0384] 当卫星上升或落沉或以其它方式被妨碍并且无法或仅仅是不能充分地做出相应的信号观测时,换句话说,无法跟踪信号时,可以从状态向量移除在常规上与卫星的该信号相对应的模糊度值。如果卫星重新出现或者如果新的卫星出现,那么可以将模糊度添加到状态向量,并且在后续时刻更新这些模糊度。

[0385] 作为替代,在本发明的一个实施例中,尽管丢失了对信号的跟踪,但并不移除针对漏失(drop out)的频率的模糊度和添加针对出现的频率的模糊度,而是仍然维持状态向量中信号的模糊度值。已经认识到,即使无法跟踪GNSS信号,也可以改进基于候选集所确定的加权平均的精确度。

[0386] 甚至可以考虑在跟踪中断特定时间段之后,在允许更新状态向量中的先前最后跟踪的模糊度值之前,维持该模糊度值,以便允许首先收集足够的观测值。

[0387] 在一个实施例中,提供了一种用于估计从对确定位置有用的GNSS信号所导出的参数的方法,其包括:从多个GNSS卫星获得GNSS信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;将观测值的时间序列馈送到滤波器,以便估计至少包括浮点模糊度的状态向量,其中,每个浮点模糊度构成了在GNSS信号的接收机和从其接收GNSS信号的

GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的接收频率的整波长数的非整数估计,并且其中,基于观测值随时间更新状态向量的浮点模糊度;确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值;将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;确定每个候选集的质量测量;以及获得候选集的加权平均。

[0388] 本发明的这个方面的优点主要包括以下事实:改进了浮点解的精确度以及因此也改进了以此为基础的加权平均的精确度。这是因为在滤波器中考虑了更多的数据,并且在状态向量中维持了更多的变量。

[0389] 在一个实施例中,提供了一种用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的方法。如上相对于其它实施例所提及的,关于 Z 变换的考虑也应用于本实施例。如图 19 中图示的,方法 3100 包括步骤 3120,该步骤从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值。该步骤对应于图 5a 的步骤 120、图 11a 的步骤 1120 以及图 15 的步骤 2120,不同之处在于:在此指定了在多个时刻获得了 GNSS 信号的频率的观测值。

[0390] 在步骤 3140 中,将多个时刻的观测值馈送到滤波器中,以便估计至少包括浮点模糊度的状态向量。每个浮点模糊度构成了在接收机和卫星之间的 GNSS 信号的接收频率的整波长数的实数估计。基于观测值随时间更新状态向量的浮点模糊度。可以使用用于估计动态系统(在本案中是 GNSS 系统)的状态的递归滤波器(诸如卡尔曼滤波器)来实现该滤波器。

[0391] 该方法还包括步骤 3121,步骤 3121 确定在跟踪卫星的至少一个信号时已经发生中断。这可以例如由于不再观测卫星或不可观测卫星(例如因为卫星已经落沉)而造成。

[0392] 该方法还包括步骤 3122,步骤 3122 包括:对于已经发生跟踪中断的所述至少一个信号,维持状态向量的浮点模糊度。将状态向量的浮点模糊度维持为其在跟踪中断之前的值。

[0393] 步骤 3140 和 3122 都涉及提供浮点解的滤波器的操作,已经参照图 5a 对此进行了描述。

[0394] 该方法进一步包括步骤 3160,步骤 3160 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集。步骤 3160 对应于上述步骤 160。

[0395] 然后,确定每个整数模糊度候选集的质量测量,并且在步骤 3200 中获得候选集的加权平均。如参考图 5a 的步骤 200 所描述的,加权平均提供了 iFlex 解。

[0396] 在一个实施例中,如果至少一个信号的一个观测值对于至少一个时刻(例如,至少一个 GPS 历元)不可用,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时已经发生中断。

[0397] 在一个实施例中,如果已经发生周跳(cycle slip),则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。周跳是由于丢失了对于从一个卫星发射的一个载波的载波相位跟踪环路的锁定而造成的。周跳造成了在跟踪周期时的不连续性。

[0398] 在一个实施例中,如果在信号的跟踪中断之后,信号的跟踪恢复,则将已经发生跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为其在发生跟踪中断之前所具有的值。该浮点模糊度被维持为第一浮点模糊度。另外,将第二浮点模糊度引入到滤波器的状态向量中,用于考虑在恢复跟踪之后所获得的信号。将参照图 20 更详细地解释该实施例。

[0399] 图 20 包括参照图 19 所描述的所有步骤,不同之处在于添加了两个步骤,即步骤 3123 和步骤 3124,步骤 3123 确定已经恢复了被中断的信号,步骤 3124 将被中断信号的浮点模糊度维持到滤波器的状态向量中(作为第一浮点模糊度),并且为被恢复信号添加一个浮点模糊度(第二浮点模糊度)。该技术改进了所提供的浮点解的精确度。步骤 3140、3122 和 3124 涉及滤波器的操作并且一起输出浮点解。

[0400] 在该方法的一个实施例中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0401] 在该方法的一个实施例中,如果发生周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0402] 在一个实施例中,该方法包括:如果在中断信号跟踪之后恢复了信号跟踪,将发生跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后将该信号的第二浮点模糊度引入到状态向量中。

[0403] 本发明的一个方面进一步包括一种装置,用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数,其包括:接收机,该接收机适于从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;滤波器,该滤波器基于观测值的时间序列来估计至少包括浮点模糊度的状态向量,其中,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收到 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的接收频率的整波长数的非整数估计,并且其中,基于观测值随时间更新状态向量的浮点模糊度;以及处理元件,该处理元件适于、能够或被配置以便:

[0404] - 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;

[0405] - 将发生跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值;

[0406] - 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0407] - 确定每个候选集的质量测量;以及

[0408] - 获得候选集的加权平均。

[0409] 在该装置的一个方面中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果至少一个信号的观测值对于至少一个时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0410] 在该装置的一个方面中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果发生周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0411] 在该装置的一个方面中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:如果在中断信号跟踪之后恢复了信号跟踪,则将发生跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将该信号的第二浮点模糊度引入到状态向量中。

[0412] 如在标题为“[6. 可应用于以上部分的方面和实施例的组合以及进一步的考虑]”的章节 6 中更详细地解释的,上述装置的接收机、滤波器和处理元件可以彼此分离。如同在章节 6 中更详细解释的,本发明还涉及计算机程序、计算机程序介质、计算机程序产品以及含有用于执行上述方法中的任何一个的代码指令的固件更新。

[0413] [5. 模糊度选择]

[0414] 在此描述的形成整数模糊度候选集的加权平均的技术 (“iFlex”) 已经证明针对损害的数据 (compromised data) 而言要比常规 RTK 方法 (其中模糊度被定点化并被验证) 更为稳健。一个例子是在树冠 (tree canopy) 下改进的性能。然而, 如果在数据中存在着的在浮点解所报告的方差中没有反映出的系统误差 (这一部分与在此关于常规 RTK 处理所描述的加权平均过程中的相同), 则存在解并不收敛的某种可能性。结果可能是在扩展的时间段中不能够声明解为“定点化的”(“无定点”), 或者更糟的是, 被报告为具有高精度度的解含有比由常规 RTK 处理引擎所报告的误差更大的误差 (“坏的定点”)。

[0415] 在一个这样的 (由接收机跟踪环路中的误差造成的) 情况下, GLONASS 载波相位数据偶尔在一个或多个卫星上含有 $1/2$ 周期的偏差。这导致扩展的时段而没有精确的“定点”RTK 解, 尽管在那些情况下通过应用在美国专利 7,312,747 B2 和 7,538,721 B2 中所描述的部分定点化技术, 常规 RTK 系统的操作是可接受的。在 WO 2009/058213 A2 中描述了一般化的部分定点化技术。

[0416] 通常, 对 GLONASS 数据的处理比处理 GPS 数据有更多问题, 即使当接收机跟踪环路正确地操作时也是这样: 获取瞬变 (acquisition transients) 对于 GLONASS 数据来说比对 GPS 数据更为频繁; 并且 GLONASS 的广播轨道比 GPS 广播轨道差得多。虽然后者通常精确度是 1-2 米的级别, 但是 GLONASS 轨道具有 5-10 米的误差并且有时可能糟糕得多。这引入了在较长基线上的误差。10 米的轨道误差导致高达 $1/2$ ppm 的测量误差。这意味着在 70km 的基线上具有 35 毫米的附加误差, 这已经是对窄巷 (narrow-lane) 载波相位模糊度解算来说的临界值。在 GPS 中, 该误差将大约是 4-8 毫米。最后, GLONASS 的 L2P 码既不公布也不确保不变。码的任何改变都可能导致周跳和获取误差。

[0417] 支持部分模糊度解算方案的另一方面是对当前不可用并且因而此时不可测试的卫星信号 (诸如 GPS L5 和 Galileo 信号) 的使用。如果作为广播的新信号造成 RTK 处理中的问题, 则按照本发明实施例的部分模糊度解算可以不需要用户手动配置接收机来停止使用新信号。因而, 部分模糊度解算方案在形成整数模糊度候选集的加权平均中是有用的。

[0418] 在美国专利 7,312,747 B2 和 7,538,721 B2 中以及在 WO 2009/058213A2 中所描述的部分搜索技术基于使用对定点模糊度的部分集 (partial set) 的全搜索, 以便判定可以解算哪个 (哪些) 集合。尤其对于在此所述的形成整数模糊度候选集的加权平均 (“iFlex” 技术), 该方法可能在计算上非常深入细致。

[0419] 在评估完备的模糊度解之前, 下面的描述呈现了可以相对快地确定部分模糊度集合 (明显优于模糊度的全集) 的方法和装置。

[0420] 本发明的一些实施例基于所分析的每个模糊度子集的最佳候选解的范数。仅针对最佳候选集的搜索是非常快的。尽管在该方法中不存在数学最优性, 但是实践测试已经表明其可以改进对有问题的 GNSS 观测数据的处理。

[0421] 在其它实施例中, 最佳范数被用作用于检测在解中的问题的准则。然后, 基于部分模糊度集合的范数来完整地或部分地重置浮点解。

[0422] Verhagen 的 *The GNSS integer ambiguities: estimation and validation*, Delft University of Technology, 2004, ISBN 90-804147-4-3 提供了整数模糊度估计的步骤的良好概述。使用以上在章节 3 中建立的记号, GNSS 观测值的一般模型是:

$$[0423] \quad y = Aa+Bb+e \quad (1)$$

[0424] 从章节 3 回顾, $y \in \mathbb{R}^m$ 表示观测向量, $a \in \mathbb{Z}^n$ 是未知整数参数 (模糊度) 的向量, $b \in \mathbb{R}^p$ 是作为位置、时钟误差、大气误差、时间相关噪声等的附加模型参数的向量。A 和 B 分别是针于各个整数附加参数的观测值的 $m \times n$ 和 $m \times p$ 设计矩阵 (雅可比行列式)。e $\in \mathbb{R}^m$ 是观测噪声向量, 具有先验方差 - 协方差矩阵 $Q = E[ee^T]$ 。

[0425] 正常地使用最小二乘调节、卡尔曼滤波器或本领域技术人员已知的任何其它技术, 在没有对 a 应用整数约束的情况下同时估计未知量 a 和 b。

[0426] 结果是估计量的所谓的浮点解及其方差 - 协方差矩阵:

$$[0427] \quad \begin{pmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{pmatrix} \text{和} \begin{pmatrix} Q_{\hat{a}} & Q_{\hat{a}\hat{b}} \\ Q_{\hat{a}\hat{b}}^T & Q_{\hat{b}} \end{pmatrix} \quad (12 \text{ 和 } 13)$$

[0428] 最小二乘解将是:

$$[0429] \quad \begin{pmatrix} Q_{\hat{a}} & Q_{\hat{a}\hat{b}} \\ Q_{\hat{a}\hat{b}}^T & Q_{\hat{b}} \end{pmatrix} = \left((A \ B)^T Q^{-1} (A \ B) \right)^{-1} \quad (18)$$

$$[0430] \quad \begin{pmatrix} \hat{a} \\ \hat{b} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} Q_{\hat{a}} & Q_{\hat{a}\hat{b}} \\ Q_{\hat{a}\hat{b}}^T & Q_{\hat{b}} \end{pmatrix} (A \ B)^T Q^{-1} y \quad (19)$$

[0431] 该技术作为浮点参数估计的例子而给出, 并且不限制所呈现的方法的应用。

[0432] 方差 - 协方差矩阵 $Q_{\hat{a}}$ 定义了 \mathbb{R}^n 上的范数 $\|\cdot\|_{Q_{\hat{a}}}$:

$$[0433] \quad \|x\|_{Q_{\hat{a}}} = x^T Q_{\hat{a}}^{-1} x \quad (20)$$

[0434] 整数最小二乘 (ILS) 是对于使浮点解与整数解之差的 $Q_{\hat{a}}$ 范数最小化这一问题的严格数学整数解:

[0435]

$$\tilde{a}_1 = \underset{z \in \mathbb{Z}^n}{\operatorname{argmin}} (z - \hat{a})^T Q_{\hat{a}}^{-1} (z - \hat{a}) = \underset{z \in \mathbb{Z}^n}{\operatorname{argmin}} \|z - \hat{a}\|_{Q_{\hat{a}}} \quad (21)$$

[0436] 例如 LAMBDA [Teunissen] 的公知算法至少计算“最佳候选” \tilde{a}_1 。另外, 以类似的方式, 通常按照其 $Q_{\hat{a}}$ 范数的顺序来确定另外的下一候选 \tilde{a}_2 (“第二候选”) 以及可能更多的候选 $\tilde{a}_3, \dots, \tilde{a}_k$:

[0437]

$$\tilde{a}_2 = \underset{z \in \mathbb{Z}^n \setminus \{\tilde{a}_1\}}{\operatorname{argmin}} \|z - \hat{a}\|_{Q_{\hat{a}}} \quad (22)$$

[0438]

$$\tilde{a}_i = \underset{z \in \mathbb{Z}^n \setminus \{\tilde{a}_1, \dots, \tilde{a}_{i-1}\}}{\operatorname{argmin}} \|z - \hat{a}\|_{Q_{\hat{a}}} \quad (23)$$

[0439] 通常还提供范数 $\|z - \hat{a}\|_{Q_a}$ 的值, 用于在下面的章节中所描述的验证测试的应用。

[0440] 对于整数解的给定最佳候选 \check{a}_i , 可以容易地将模型的非整数参数调节成匹配最小二乘解:

[0441]

$$\check{b} = \hat{b} - Q_{\check{a}\check{b}}^T Q_{\check{a}}^{-1} (\hat{a} - \check{a}_i) \quad (24)$$

[0442] 和

[0443]

$$Q_{\check{b}} = Q_{\hat{b}} - Q_{\check{a}\hat{b}}^T Q_{\check{a}}^{-1} Q_{\check{a}\hat{b}} \quad (25)$$

[0444] 部分定点化指的是: 选择通过计算浮点解而确定的模糊度的子集, 以便得到比使用全模糊度集合更优的结果 (具有定点整数模糊度或具有整数模糊度候选集的加权平均)。

[0445] 在更一般的意义上, 如在 WO 2009/058213 A2 中描述的, 使用整数变换矩阵来将全模糊度集合变换成较低维度的模糊度集合。在一般化的意义上, 部分定点化模糊度对应于使用矩形变换矩阵来定点化被变换的模糊度向量。这里, $(n_f \times n)$ 矩阵 G 将模糊度向量映射到准备进行定点化的那部分。例如, 给定具有 6 个模糊度的浮点解:

$$[0446] \quad \hat{a} = \begin{pmatrix} \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 \\ \hat{a}_4 \\ \hat{a}_5 \\ \hat{a}_6 \end{pmatrix} \quad (26)$$

[0447] 并且仅定点化最初和最后的两个, 则 G 将是:

[0448]

$$G_{\{1,2,5,6\}} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (27)$$

[0449] 并且

[0450]

$$G_{\{1,2,5,6\}} \cdot \hat{a} = \begin{pmatrix} \hat{a}_1 \\ \hat{a}_2 \\ \hat{a}_5 \\ \hat{a}_6 \end{pmatrix} \quad (28)$$

[0451] 如果对于六个模糊度,要仅定点化宽巷组合,则 G 将是:

[0452]

$$G_{WL} = \begin{pmatrix} 1 & -1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & -1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 \end{pmatrix} \quad (29)$$

[0453] 并且

[0454]

$$G_{WL} \cdot \hat{a} = \begin{pmatrix} \hat{a}_1 - \hat{a}_2 \\ \hat{a}_3 - \hat{a}_4 \\ \hat{a}_5 - \hat{a}_6 \end{pmatrix} \quad (30)$$

[0455] 注意到,宽巷组合是通过减去在不同频带上同一历元处对同一卫星所观测到的两个模糊度(或相位测量)来形成的。例如, GPS L1/L2 宽巷组合是通过从 L1 相位中减去 L2 相位来形成的。L1 和 L2 相位测量分别具有约 19cm 和 24cm 的波长,而相应的宽巷组合具有约 86cm 的有效波长。出于模糊度解算的目的,有利的是使波长尽可能的长,因此,有动机考虑在部分定点化时使用宽巷相位/模糊度。

[0456] 存在很多其它有用的多频带 GNSS 的线性组合,包括:

[0457] ● 无电离层 (iono-free),

[0458] ● 窄巷,

[0459] ● 电离层残差 (iono-residual),

[0460] ● 最小误差

[0461] 不同的线性组合具有使它们对模糊度解算或定位的一些方面有用的特定特性。

[0462] 对于要定点化的全模糊度向量, G 矩阵简单的会是适当维度的单位矩阵。

$$G_{Full} = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} \quad (31)$$

[0464] 并且

[0465]

$$G_{Full} \cdot \hat{a} = \hat{a} \quad (32)$$

[0466] 本发明的一些实施例采用了在 WO 2009/058213 A2 中所描述的部分定点化技术，用于生成在形成加权平均中要被用作候选集的那些可能的模糊度子集。因而，通过从 GNSS 数据集中移除一些卫星的观测值、全部 GNSS 的观测值、单独的观测量（频率）的观测值等，和 / 或通过将模糊度变换成整数线性组合（例如宽巷载波相位组合），可以创建本发明的一些实施例的模糊度子集。

[0467] 按照本发明的一些实施例的部分定点化方案 PF 包括：生成特征在于其 G 矩阵的多个提名的 (nominee) 部分模糊度集合：

$$PF \subset \left\{ G_{nom} \in R^{n_{nom} \times n} : \text{rank } G_{nom} = n_{nom} \right\} \quad (33)$$

[0469] 为了避免与候选模糊度相混淆，术语“提名的部分定点化子集”用于指定要定点化的模糊度的可能的子集。

[0470] 按照本发明的一些实施例，为每个模糊度提名子集仅计算最佳候选。按照本发明的一些实施例，用于选择最佳子集的质量准则是基于相对于（部分）方差 - 协方差矩阵的该最佳候选的范数（卡方）。

[0471] 按照本发明的一些实施例，整数最小二乘法被应用于浮点解向量要被定点化的那部分以及相应的方差 - 协方差矩阵，以便得到最佳候选解。

[0472] 对于 $G_{nom} \in R^{n_{nom} \times n}$ ，以通常的方式来计算该提名的部分定点化子集的最佳候选解的范数：

[0473]

$$\chi_{1,G_{nom}}^2 = \min_{z \in Z^{n_{nom}}} (z - G_{nom} \cdot \hat{a})^T (G_{nom} \cdot Q_{\hat{a}} \cdot G_{nom}^T)^{-1} (z - G_{nom} \cdot \hat{a}) \quad (34)$$

[0474] 相关联的最佳候选模糊度向量将是：

[0475]

$$\tilde{a}_{1,G_{nom}} = \arg \min_{z \in Z^{n_{nom}}} (z - G_{nom} \cdot \hat{a})^T (G_{nom} \cdot Q_{\hat{a}} \cdot G_{nom}^T)^{-1} (z - G_{nom} \cdot \hat{a}) \quad (35)$$

[0476] 部分模糊度解技术：

[0477] 对于完美匹配于数据的先验噪声模型，范数 $\chi_{1,nom}^2$ 的期望值等于模糊度的数目 n_{nom} 。因此，实际的范数除以任何模糊度集合中模糊度的数目的商提供了可以被采用的质量测量：

$$C_{G_{nom}} = \frac{\chi_{1,G_{nom}}^2}{n_{G_{nom}}} \quad (36)$$

[0479] 按照本发明的一些实施例，具有最小（因此是最佳）质量测量的模糊度子集被选择作为用于最后的模糊度解算步骤的子集。

$$G_{best} = \arg \min_{G_{nom} \in PF} C_{G_{nom}} \quad (37)$$

[0480]

[0481] 按照本发明的一些实施例,进行检查以确定改进是否显著。这包括相对于最小因子来测试质量准则的改进因子 $\frac{G_{Full}}{G_{best}}$ 。按照本发明的一些实施例,其还包括与用于全解(full solution)的最小准则进行比较以判定是否值得尝试部分定点化。

[0482] 有时,在浮点解中非充分的超定可能导致最佳解的好的契合(即使对坏的解也如此)。为了避免这一点,按照本发明的一些实施例,将质量准则限制到最小(例如,1.0)。

$$[0483] \quad C'_{G_{nom}} = \min\left(1, \frac{\chi_{1,G_{nom}}^2}{n_{G_{nom}}}\right) \quad (38)$$

[0484] 一旦已经确定了最佳部分定点化子集,则模糊度确定过程继续使用部分解就像没有进行部分定点化一样。

[0485] 对于“常规的”模糊度解算(定点化整数模糊度,而不是如本发明的实施例中那样形成整数模糊度候选集的加权平均),使用经变换的模糊度向量和协方差矩阵来实现整数最小二乘和验证。使用以上给出的公式来为最佳部分解 \tilde{a}_{best} 计算最后的附加模型参数(例如,位置)。

[0486]

$$\tilde{b} = \hat{b} - (G \cdot Q_{\hat{a}\hat{b}})^T \cdot (G \cdot Q_{\hat{a}} \cdot G^T)^{-1} \cdot (G \cdot \hat{a} - \tilde{a}_{best}) \quad (39)$$

[0487] 并且

[0488]

$$Q_{\tilde{b}} = Q_{\hat{b}} - (G \cdot Q_{\hat{a}\hat{b}})^T \cdot (G \cdot Q_{\hat{a}} \cdot G^T)^{-1} \cdot (G \cdot Q_{\hat{a}\hat{b}}) \quad (40)$$

[0489] 对于模糊度估计(其中,按照本发明的实施例形成了整数模糊度候选集的加权平均),也使用经变换的模糊度向量和协方差矩阵。使用以下修改的位置增益矩阵,按照本发明的一些实施例来执行通过使用整数模糊度候选集的加权平均而计算接收机位置:

[0490]

$$(G \cdot Q_{\hat{a}\hat{b}})^T \cdot (G \cdot Q_{\hat{a}} \cdot G^T)^{-1} \quad (41)$$

[0491] 部分重置技术:

[0492] 按照本发明的一些实施例,最佳范数计算被用于检测和求解浮点解中的问题。如果最佳质量测量 $C_{G_{best}} = \frac{\chi_{1,G_{best}}^2}{n_{G_{best}}}$ 明显差于期望值1,则考虑浮点解中的问题。这是基于以下事实:如果最佳解已经差于统计上所期望的,则正确的解可能仅仅是一样差或更差。按照本发明的一些实施例,声明有问题的质量测量的门限值(“问题门限”)是10。

[0493] 按照本发明的一些实施例,为了标识出造成问题的模糊度的子集,再次审查最佳集合的质量测量。如果改进因子 $\frac{G_{Full}}{G_{best}}$ 明显大(例如,因子4),则没有包括在该子集中的模糊度估计被重置在浮点解中。按照本发明的一些实施例,这是通过浮点解中相关联的模糊度状态的大噪声输入来实现的。在本发明的实施例中,对所有的子滤波器执行这一操作,其

中,用于所估计的浮点模糊度的滤波器被实现为因式分解化载波模糊度解算滤波器,例如按照美国专利 7,432,853 B2 中所描述的。

[0494] 按照本发明的一些实施例,对于受影响的模糊度 / 卫星,状态向量的损害 (nuisance) 状态 (诸如多径和 / 或电离层) 也被重置。

[0495] 按照本发明的一些实施例,如果无法完成对单个子集的标识,例如当最佳改进因子不够大时,执行对浮点解的完全重置。

[0496] 在一个实施例中,用于计算浮点解的滤波器只为被观测的 (或者更一般地,获得了观测值的那些频率) 并且能够被跟踪的那些频率估计浮点模糊度。换句话说,基于在一些所观测的频率 (或者更一般地,获得了观测值的那些频率) 的基础上所形成的至少一些候选集来形成加权平均。

[0497] 在一些实施例中,如果跟踪至少 5 个卫星并且相应的模糊度可用,则可以计算 iFlex 解。然而,已经认识到,如果超过十个模糊度被用于候选集的加权平均,则加权平均及因此的 iFlex 解的可靠性并没有被显著改进。

[0498] 因此,不是基于所有可用的模糊度来形成加权平均,而是在形成候选集之前,可以选择模糊度的子组,并且仅使用所选择的模糊度组来形成被考虑用于形成加权平均的候选集。可以节省处理容量 (权重计算等),同时并不显著降低 iFlex 解的可靠性。

[0499] 可以以各种方式来完成对状态向量的浮点模糊度的子集的选择。在图 21 中示出的实施例中,滤波器被操作以便根据观测值来估计浮点模糊度值的完备集,并且随后从浮点模糊度值的完备集当中选择浮点模糊度的子集。在图 22 中示出的实施例中,滤波器被操作以便根据观测值来估计所选择的包括比浮点模糊度值的全集更少的浮点模糊度值的部分集,其中浮点模糊度值的部分集包括状态向量的浮点模糊度的子集。

[0500] 在一个实施例中,提供了一种用于估计从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数的方法。该方法包括:从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;将观测值馈送到具有状态向量的滤波器,该状态向量至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且该滤波器用于估计状态向量的每个浮点模糊度的浮点值;选择状态向量的浮点模糊度的子集;将整数值指派给该子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集;确定每个候选集的质量测量;以及获得候选集的加权平均。

[0501] 本发明的这个方面的优点主要包括在计算负担上的减小。这是因为在滤波器中考虑了较少的载波相位模糊度。

[0502] 在一个实施例中,如图 21 所图示的,提供了方法 4100。该方法估计了从对确定位置有用的 GNSS 信号所导出的参数。如上相对于其它实施例提及的关于 Z 变换的考虑也应用于本实施例。该方法包括步骤 4120,步骤 4120 从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值。该步骤 4120 对应于图 5a 的步骤 120、图 11a 的步骤 1120 和图 11 的步骤 2120,并且应用于这些步骤的描述也应用于步骤 4120。

[0503] 该方法还包括步骤 4140,步骤 4140 将观测值馈送到具有状态向量的滤波器中,该状态向量至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度。每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联

的实数估计。该滤波器估计状态向量的每个浮点模糊度的浮点值。

[0504] 该方法进一步包括步骤 4150, 步骤 4150 选择浮点解的模糊度的子集, 而不是浮点解的所有浮点模糊度。在一个实施例中, 至少选择了五个浮点模糊度。在一个实施例中, 选择了最小要求数目的浮点模糊度。实际的最小数目可以取决于这样的因素: 静态或运动学计算、三维 (3D) 或已知的高度定位, 等等。例如, 在较少收益的代价下, 可以确定需要最小数目为六个浮点模糊度; 或者在接受以下情况的代价下, 最小数目为四个浮点模糊度: 对于最低数目的浮点模糊度 (例如, 四个), 结果可能不完全令人满意。

[0505] 然后, 提供步骤 4160, 步骤 4160 将整数值指派给该子集的浮点模糊度的所估计的浮点值, 以便定义多个整数模糊度候选集。

[0506] 然后, 确定每个候选集的质量测量。最后, 如参照图 5a 的 200 所描述的, 在步骤 4200 获得候选集的加权平均以形成 iFlex 解。

[0507] 在图 22 中图示的步骤 4150 的一个实施例中, 当将观测值馈送 4140 到滤波器中时, 选择 4150 模糊度的子集, 以便形成状态向量以及因此的浮点解。

[0508] 这些实施例 (即, 参照图 21 和图 22 图示的实施例) 使得能够在不显著降低位置精确度的情况下减小计算处理负担。

[0509] 在一个实施例中, 选择步骤 4150 包括: 选择已经被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度, 作为该子集的浮点模糊度。可以使用用于选择要在滤波器中考虑的浮点模糊度的其它准则, 且记住目标在于考虑最可靠的观测值。

[0510] 在该方法的一个实施例中, 所述选择包括: 选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度, 作为该子集的浮点模糊度。

[0511] 在该方法的一个实施例中, 所述选择包括: 选择至少五个浮点模糊度但是少于所有可用的浮点模糊度。换句话说, 并不选择所有可用的浮点模糊度。

[0512] 本发明的一个方面进一步包括一种装置, 其估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号所导出的参数, 该装置包括: 接收机, 该接收机适于从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值; 滤波器, 该滤波器具有状态向量, 所述状态向量至少包括 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度, 每个浮点模糊度构成了与在 GNSS 信号的接收机和从其接收到 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计, 并且该滤波器用于估计状态向量的每个浮点模糊度的浮点值; 处理元件, 该处理元件适于、能够或被配置以便:

[0513] - 选择状态向量的浮点模糊度的子集;

[0514] - 将整数值指派给该子集的浮点模糊度的所估计的浮点值, 以便定义多个整数模糊度候选集;

[0515] - 确定每个候选集的质量测量; 以及

[0516] - 获得候选集的加权平均。

[0517] 该装置可以被配置以便按照各种方式来选择浮点模糊度的子集。在图 21 所示出的实施例中, 滤波器被配置以便根据观测值来估计浮点模糊度值的完备集, 并且该装置被配置以便随后从浮点模糊度值的完备集当中选择浮点模糊度的子集。在图 22 所示出的实施例中, 滤波器被配置以便根据观测值来估计所选择的包括比浮点模糊度值的全集更少的浮点模糊度值的部分集, 其中, 所述浮点模糊度值的部分集包括状态向量的浮点模糊度的子

集。

[0518] 在该装置的一个实施例中,所述处理元件适于、能够或被配置以便:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为该子集的浮点模糊度。

[0519] 在该装置的一个实施例中,选择状态向量的浮点模糊度的子集的步骤包括:至少选择状态向量的五个浮点模糊度。

[0520] 如在标题为“[6. 可应用于以上部分的方面和实施例的组合以及进一步的考虑]”的章节 6 中更详细地解释的,上述装置的接收机、滤波器和处理元件可以彼此分离。如同样在章节 6 中更详细解释的,本发明还涉及计算机程序、计算机程序介质、计算机程序产品以及含有用于执行上述方法中的任何一个的代码指令的固件更新。

[0521] [6. 可应用于以上部分的方面和实施例的组合以及进一步的考虑]

[0522] 图 23 是具有 GNSS 天线 2305 和通信天线 2310 的典型集成 GNSS 接收机系统 2300 的示意框图。接收机系统 2300 可以用作漫游器或基站或参考站。接收机系统 2300 包括 GNSS 接收机 2315、计算机系统 2320 以及一个或多个通信链路 2325。计算机系统 2320 包括一个或多个处理器 2330、一个或多个数据储存元件 2335、用于控制(一个或多个)处理器 2330 的程序代码 2340,以及用户输入/输出设备 2345(其可以包括一个或多个输出设备 2350(诸如显示器或扬声器或打印机)以及用于接收用户输入的一个或多个设备 2355(诸如键盘或触摸板或鼠标或扩音器))。(一个或多个)处理器 2330 由程序代码 2340 适配来执行在此所描述的处理功能,诸如 1. 候选者选择;2. 质量测量的换算;3. 指示加权平均解的收敛性;4. 在跟踪中断之后保持旧有的观测值;和/或 5. 模糊度选择。

[0523] 图 24 示意性地图示了按照本发明的一些实施例使用 GNSS 漫游器 2405(诸如集成接收机系统 2300)的网络定位情形 2400。漫游器 2405 从第一 GNSS 2418 的卫星 2410 和 2415 接收 GNSS 信号,从第二 GNSS 2428 的卫星 2420 和 2425 接收 GNSS 信号,和/或从第三 GNSS 2438 的卫星 2430 和 2435 接收 GNSS 信号。漫游器 2405 可以从另一可用的 GNSS 的卫星接收 GNSS 信号。类似地,GNSS 参考站 2440、2445(以及可能未示出的其它 GNSS 参考站)从相同卫星中的一些或全部接收 GNSS 信号。网络处理器 2450 收集来自参考接收机的数据,准备校正数据,并且经由通信链路 2455 将校正数据传送到漫游器 2405。按照一些实施例,网络处理器 2450 被配置为计算机系统 2320,该计算机系统 2320 具有例如一个或多个处理器 2330、一个或多个数据储存元件 2335、用于控制(一个或多个)处理器 2330 的程序代码 2340,以及用户输入/输出设备 2345(其可以包括一个或多个输出设备 2350(诸如显示器或扬声器或打印机)以及用于接收用户输入的一个或多个设备 2355(诸如键盘或触摸板或鼠标或扩音器))。按照一些实施例,网络处理器 2450 形成如图 23 图示的集成接收机系统的一部分。按照一些实施例,网络处理器 2450 是与 GNSS 接收机分离的计算机系统。网络处理器 2450 的(一个或多个)处理器由程序代码 2340 适配来执行在此所描述的处理功能,诸如 1. 候选者选择;2. 质量测量的换算;3. 指示加权平均解的收敛性;4. 在跟踪中断之后保持旧有的观测值;和/或 5. 模糊度选择。

[0524] 图 25 示意性地图示了使用能够从视野范围内的 GNSS 卫星接收 GNSS 信号的 GNSS 漫游器 2505 的实时运动学定位情形 2500。例如,漫游器 2505 从第一 GNSS 2518 的卫星 2510 和 2515 接收 GNSS 信号,从第二 GNSS 2528 的卫星 2520 和 2525 接收 GNSS 信号,和/或从第三 GNSS 2538 的卫星 2530 和 2535 接收 GNSS 信号。漫游器 2505 可以从可用的另一

GNSS 的卫星接收 GNSS 信号。类似地,GNSS 基站 2540 从相同卫星中的一些或全部接收 GNSS 信号。GNSS 基站 2540 准备校正数据,并且经由通信天线 2555 或其它适当的通信链路将校正数据传送到漫游器 2505。按照一些实施例,GNSS 漫游器 2505 和 GNSS 基站 2540 中的任何一个或这两者被配置为集成接收机系统 2300,其各自具有例如一个或多个处理器 2330、一个或多个数据储存元件 2335、用于控制(一个或多个)处理器 2330 的程序代码 2340,以及用户输入/输出设备 2345(其可以包括一个或多个输出设备 2350(诸如显示器或扬声器或打印机)以及用于接收用户输入的一个或多个设备 2355(诸如键盘或触摸板或鼠标或扩音器))。按照一些实施例,网络处理器 2450 形成如图 23 图示的集成接收机系统的一部分。GNSS 漫游器 2505 和 GNSS 基站 2540 中的任何一个或这两者由程序代码 2340 适配来执行在此所描述的处理功能,诸如 1. 候选者选择;2. 质量测量的换算;3. 指示加权平均解的收敛性;4. 在跟踪中断之后保持旧有的观测值;和/或 5. 模糊度选择。

[0525] 本发明的上述方面(包括在章节“1. 候选集选择”、“2. 质量测量的换算”、“3. 指示加权平均解的收敛性”、“4. 在跟踪中断之后保持旧有的观测值”和“5. 模糊度选择”中分别描述的那些)中的任何多个(即,这些方面中的两个、三个、四个或五个)可以被组合来形成进一步的方面和实施例,并且目的是提供主要关于计算速度、精确度估计和系统可用性而言的附加益处。

[0526] 上述装置及其实施例中的任何一个都可以集成到漫游器、接收机或网络站中,和/或所描述的处理方法可以在与用于收集观测值的接收机相分离的并且甚至远离该接收机的处理器中执行(例如,可以从用于后处理的储存器中检索由一个或多个接收机收集的观测数据,或者来自多个网络参考站的观测值可以被传输到用于进行近实时(near-real-time)处理的网络处理器,以便生成可被传送到一个或多个漫游器的虚拟参考站消息和/或校正数据流)。因此,本发明还涉及包括以上装置中的任何一个的漫游器、接收机或网络站。

[0527] 在一个实施例中,任何一个上述实施例的装置的接收机与滤波器和处理元件相分离。可以主要执行对观测值的后处理和网络处理。也就是说,用于处理观测值的装置的构成元件本身并不需要接收机。接收机可以与正在执行处理的实体相分离,并且甚至由与正在执行处理的实体不同的实体来拥有/操作。对于后处理来说,可以从先前收集和存储的数据集中检索观测值,并且可以利用先前收集和存储的参考站数据来处理观测值;在数据收集很久之后例如在办公计算机中进行处理,并且因此该处理不是实时的。对于网络处理来说,多个参考站接收机从多个卫星收集信号的观测值,并且将该数据供应到网络处理器,该网络处理器可以例如生成校正数据流或者可以例如生成“虚拟参考站”校正,其被供应给漫游器,从而使得漫游器可以执行差分处理。提供给漫游器的数据可以是在网络处理器中确定的模糊度(漫游器可以使用该数据来加快其位置求解),或者可以具有漫游器用来改进其位置求解的校正的形式。网络通常被操作为针对漫游器操作方的服务,而网络运营商通常是与漫游器操作方不同的实体。这应用于上述装置和权利要求中的每一个。

[0528] 上述方法及其实施例中的任何一个均可以借助于计算机程序来实现。计算机程序可以被加载到上述装置、漫游器、接收机或网络站上。因此,本发明还涉及计算机程序,当在上述装置、漫游器、接收机或网络站上执行所述计算机程序时,其实现上述方法及其实施例中的任何一个。

[0529] 本发明还涉及包括上述计算机程序的计算机可读介质或计算机程序产品。计算机可读介质或计算机程序产品可以例如是磁带、光存储盘、磁盘、磁光盘、CD ROM、DVD、CD、闪存存储器单元等,其中,计算机程序被永久或临时存储。本发明还涉及具有用于执行本发明方法中的任何一个的计算机可执行指令的计算机可读介质(或计算机程序产品)。计算机可读介质可以包括以下之一:体现了计算机程序的计算机可读物理储存介质,以及体现了计算机程序的计算机可读传输介质。

[0530] 本发明还涉及适于安装在现场已有的接收机上的固件更新,即,被递送到现场作为计算机程序产品的计算机程序。这应用于上述方法和装置中的每一个。

[0531] GNSS 接收机可以包括天线(其被配置以便在卫星广播的频率处接收信号)、处理器单元、一个或多个精确时钟(诸如晶体振荡器)、一个或多个计算机处理单元(CPU)、一个或多个存储器单元(RAM、ROM、闪存存储器等),以及用于向用户显示位置信息的显示器。

[0532] 在此处将术语“接收机”、“滤波器”和“处理元件”用作装置单元的情况下,并不对单元的构成部分可能如何分布进行限制。也就是说,单元的构成部分可以分布在用于带来预期功能的不同软件或硬件组件或设备中。此外,这些单元可以聚集在一起用于借助于组合的单元、单个单元来实现其功能。例如,接收机、滤波器和处理元件可以被组合以便形成单个单元来实现这些单元的组合功能性。

[0533] 可以使用硬件、软件、硬件和软件的组合、预编程 ASIC(专用集成电路)等来实现上述单元。单元可以包括计算机处理单元(CPU)、储存单元、输入/输出(I/O)单元、网络连接单元等。

[0534] 尽管已经基于详细例子描述了本发明,但是这些详细的例子仅用于向本领域技术人员提供更好的理解,并且并不旨在限制本发明的范围。本发明的范围更多地是由所附权利要求来限定。

[0535] 本发明的实施例的附加特征和特征的组合如下:

[0536] (第一方面:候选集选择)

[0537] 1. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的方法,所述方法包括:

[0538] 从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;

[0539] 将所述观测值馈送到具有状态向量的滤波器,所述状态向量至少包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了与在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且所述滤波器用于估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值;

[0540] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0541] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

[0542] 获得所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权。

[0543] 2. 根据 1 所述的方法,其包括:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[0544] 3. 根据 1 和 2 中的至少一个所述的方法,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0545] 4. 根据 1 至 3 中的至少一个所述的方法,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[0546] 5. 根据 1 至 4 中的至少一个所述的方法,其中,所述第一门限被确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[0547] 6. 根据 1 至 5 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0548] 7. 根据 1 至 6 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0549] 8. 根据 1 至 7 中的至少一个所述的方法,其中,选择第一数目的候选集包括:

[0550] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0551] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0552] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0553] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[0554] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择。

[0555] 9. 根据 1 至 8 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述加权平均包括:

[0556] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0557] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0558] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0559] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[0560] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

[0561] 10. 根据 8 和 9 中的至少一个所述的方法,其包括:通过调节所述滤波器的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。

[0562] 11. 根据 8 至 10 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量在预定范围内,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0563] 12. 根据 8 至 11 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述浮点解的方差-协方差矩阵。

[0564] 13. 根据 1 至 12 中的至少一个所述的方法,其中,定义所述整数候选集包括:

[0565] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

[0566] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模

糊度候选集。

[0567] 14. 根据 13 所述的方法,其中所述选择包括:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[0568] 15. 根据 1 至 14 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0569] 由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;

[0570] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

[0571] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;

[0572] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及

[0573] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0574] 16. 根据 15 所述的方法,其中,所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。

[0575] 17. 根据 15 和 16 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0576] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻;以及

[0577] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0578] 18. 根据 15 至 17 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0579] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0580] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0581] 19. 根据 15 至 18 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0582] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0583] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。

[0584] 20. 根据 1 至 19 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0585] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

[0586] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

[0587] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;以及

[0588] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。

[0589] 21. 根据 20 所述的方法,其中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0590] 22. 根据 20 和 21 中的至少一个所述的方法,其中,如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0591] 23. 根据 20 至 22 中的至少一个所述的方法,其包括:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮

点模糊度引入到所述状态向量中。

[0592] 24. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号所导出的参数的装置,所述装置包括:

[0593] 接收机,所述接收机从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星接收 GNSS 信号;

[0594] 滤波器,所述滤波器具有至少包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量,每个浮点模糊度构成了与在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且所述滤波器用于估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值;

[0595] 处理元件,所述处理元件适于:

[0596] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0597] 选择具有比第一门限更优的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

[0598] 获得所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权

[0599] 25. 根据 24 所述的装置,其中,所述处理元件适于:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[0600] 26. 根据 24 和 25 中的至少一个所述的装置,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0601] 27. 根据 24 至 26 中的至少一个所述的装置,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[0602] 28. 根据 24 至 27 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于将所述第一门限确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[0603] 29. 根据 24 至 28 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则根据所述加权平均,以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0604] 30. 根据 24 至 29 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0605] 31. 根据 24 至 30 中的至少一个所述的装置,其中,为了选择第一数目的候选集,所述处理元件适于:

[0606] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0607] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0608] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

- [0609] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量 ;以及
- [0610] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择。
- [0611] 32. 根据 24 至 31 中的至少一个所述的装置,其中,为了获得所述加权平均,所述处理元件适于 :
- [0612] 确定所述候选集的最佳质量测量 ;
- [0613] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值 ;
- [0614] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量 ;
- [0615] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量 ;以及
- [0616] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。
- [0617] 33. 根据 31 和 32 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于 :通过调节所述浮点解的方差 - 协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。
- [0618] 34. 根据 31 至 33 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于 :如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述浮点解的方差 - 协方差矩阵。
- [0619] 35. 根据 31 至 34 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于 :如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述浮点解的方差 - 协方差矩阵。
- [0620] 36. 根据 24 至 35 中的至少一个所述的装置,其中,为了定义所述整数候选集,所述处理元件适于 :
- [0621] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组 ;以及
- [0622] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集。
- [0623] 37. 根据 36 所述的装置,其中,所述处理元件适于 :选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。
- [0624] 38. 根据 24 至 37 中的至少一个所述的装置,其中 :
- [0625] 所述滤波器适于 :
- [0626] 估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值 ;并且
- [0627] 所述处理元件适于 :
- [0628] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量 ;
- [0629] 确定所述加权平均的所获得的精确度值 ;
- [0630] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较,以便获得收敛值 ;以及
- [0631] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0632] 39. 根据 38 所述的装置,其中,所述处理元件适于 :获得作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比的所述收敛值。
- [0633] 40. 根据 38 和 39 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于 :
- [0634] 确定当所述位置的所获得的精确度优于收敛门限时的时刻 ;以及
- [0635] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

- [0636] 41. 根据 38 至 40 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0637] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0638] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0639] 42. 根据 38 至 41 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0640] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0641] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。
- [0642] 43. 根据 24 至 42 中的至少一个所述的装置,其适于:
- [0643] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;
- [0644] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;
- [0645] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;以及
- [0646] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。
- [0647] 44. 根据 43 所述的装置,其适于:如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。
- [0648] 45. 根据 43 和 44 中的至少一个所述的装置,其适于:如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。
- [0649] 46. 根据 43 至 45 中的至少一个所述的装置,其适于:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。
- [0650] 47. 漫游器,其包括根据 24 至 46 中的任何一个的装置。
- [0651] 48. 网络站,其包括根据 24 至 46 中的任何一个的装置。
- [0652] 49. 包括指令的计算机程序,所述计算机程序被配置以便当在计算机处理单元上执行时,执行根据 1 至 23 中任何一项的方法。
- [0653] 50. 计算机可读介质,其包括根据 49 的计算机程序。
- [0654] (第二方面:质量测量的换算)
- [0655] 1. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的方法,所述方法包括:
- [0656] 从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;
- [0657] 将所述观测值馈送到具有状态向量的滤波器,所述状态向量至少包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了与在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且所述滤波器用于估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值;
- [0658] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;
- [0659] 确定所述候选集中的每个候选集的质量测量;

- [0660] 确定所述候选集的最佳质量测量；
- [0661] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值；
- [0662] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量；
- [0663] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量；以及
- [0664] 基于所调整的质量测量来获得所述候选集的子组的加权平均，其中，以下中的至少一个是基于所调整的质量测量：选择所述候选集的所述子组，以及在所述加权平均中对每个候选集进行加权。
- [0665] 2. 根据 1 所述的方法，其包括：通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵，根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。
- [0666] 3. 根据前述权利要求中的至少一个所述的方法，其包括：如果所述误差测量在预定范围中，则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。
- [0667] 4. 根据前述权利要求中的至少一个所述的方法，其包括：如果所述误差测量大于一，则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。
- [0668] 5. 根据 1 至 4 中的至少一个所述的方法，其中，获得所述加权平均包括：
- [0669] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集来形成所述子组，其中，所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的；以及
- [0670] 获得所述子组的所选候选集的加权平均，每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权。
- [0671] 6. 根据 1 至 5 中的至少一个所述的方法，其包括：使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。
- [0672] 7. 根据 5 和 6 中的至少一个所述的方法，其中，所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。
- [0673] 8. 根据 5 至 7 中的至少一个所述的方法，其中，所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成，候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。
- [0674] 9. 根据 5 至 8 中的至少一个所述的方法，其中，所述第一门限被确定为以下中的至少一个：所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数，以及与所述参考质量测量的距离。
- [0675] 10. 根据 5 至 9 中的至少一个所述的方法，其包括：如果所选候选集的第一数目小于第二门限，则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始，按照降序，基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成加权平均，所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。
- [0676] 11. 根据 5 至 10 中的至少一个所述的方法，其包括：如果所选候选集的第一数目大于第三门限，则以具有最差质量测量的所选候选集开始，按照降序，在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集，其中，所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。
- [0677] 12. 根据 1 至 11 中的至少一个所述的方法，其中，定义所述整数候选集包括：
- [0678] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集，以便形成用于定义所述多个整数模糊度

候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组 ;以及

[0679] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集。

[0680] 13. 根据 12 所述的方法,其中所述选择包括:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[0681] 14. 根据 1 至 13 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0682] 由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;

[0683] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

[0684] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;

[0685] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及

[0686] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0687] 15. 根据 14 所述的方法,其中,所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。

[0688] 16. 根据 14 和 15 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0689] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻;以及

[0690] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0691] 17. 根据 14 至 16 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0692] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0693] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0694] 18. 根据 14 至 17 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0695] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0696] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。

[0697] 19. 根据 1 至 18 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0698] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

[0699] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

[0700] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;以及

[0701] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。

[0702] 20. 根据 19 所述的方法,其中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0703] 21. 根据 19 和 20 中的至少一个所述的方法,其中,如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0704] 22. 根据 19 至 21 中的至少一个所述的方法,其包括:如果在信号的跟踪中断之

后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

[0705] 23. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号所导出的参数的装置,所述装置包括:

[0706] 接收机,所述接收机适于从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;

[0707] 滤波器,所述滤波器具有至少包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量,每个浮点模糊度构成了与在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且所述滤波器用于估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值;以及

[0708] 处理元件,所述处理元件适于:

[0709] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0710] 确定每个候选集的质量测量;

[0711] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0712] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0713] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0714] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[0715] 基于所调整的质量测量来获得所述候选集的子组的加权平均,其中,以下中的至少一个是基于所调整的质量测量:选择所述候选集的所述子组,以及在所述加权平均中对每个候选集进行加权。

[0716] 24. 根据 23 所述的装置,其中,所述处理元件适于:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。

[0717] 25. 根据 23 和 24 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0718] 26. 根据 23 至 25 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0719] 27. 根据 23 至 26 中的至少一个所述的装置,其中,为了获得所述加权平均,所述处理元件适于:

[0720] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集来形成所述子组,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

[0721] 获得所述子组的所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权。

[0722] 28. 根据 23 至 27 中的至少一个所述的装置,其包括:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[0723] 29. 根据 27 和 28 中的至少一个所述的装置,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0724] 30. 根据 27 至 29 中的至少一个所述的装置,其中,所述候选集的质量测量由残余

误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[0725] 31. 根据 27 至 30 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于确定所述第一门限为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[0726] 32. 根据 27 和 31 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0727] 33. 根据 27 至 32 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0728] 34. 根据 23 至 33 中的至少一个所述的装置,其中,为了定义所述整数候选集,所述处理元件适于:

[0729] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

[0730] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集。

[0731] 35. 根据 34 所述的装置,其中,所述处理元件适于:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[0732] 36. 根据 23 至 35 中的至少一个所述的装置,其中:

[0733] 所述滤波器适于:

[0734] 估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;并且

[0735] 所述处理元件适于:

[0736] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

[0737] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;

[0738] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及

[0739] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0740] 37. 根据 36 所述的装置,其中,所述处理元件适于:获得作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比的所述收敛值。

[0741] 38. 根据 36 和 37 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:

[0742] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻;以及

[0743] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

- [0744] 39. 根据 36 至 38 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0745] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0746] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0747] 40. 根据 36 至 39 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0748] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0749] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。
- [0750] 41. 根据 23 至 40 中的至少一个所述的装置,其适于:
- [0751] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;
- [0752] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;
- [0753] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;以及
- [0754] 将发生了跟踪中断的至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。
- [0755] 42. 根据 41 所述的装置,其适于:如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。
- [0756] 43. 根据 41 和 42 中的至少一个所述的装置,其适于:如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。
- [0757] 44. 根据 41 至 43 中的至少一个所述的装置,其适于:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。
- [0758] 45. 漫游器,其包括根据 23 至 44 中的任何一个的装置。
- [0759] 46. 网络站,其包括根据 23 至 44 中的任何一个的装置。
- [0760] 47. 包括指令的计算机程序,所述计算机程序被配置以便当在计算机处理单元上执行时,实现根据 1 至 22 中的任何一个的方法。
- [0761] 48. 计算机可读介质,其包括根据 47 的计算机程序。
- [0762] (第三方面:对加权平均解的收敛性的指示)
- [0763] 1. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的方法,所述方法包括:
- [0764] 从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;
- [0765] 将所述观测值馈送到具有状态向量的滤波器,所述状态向量包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数的实数估计,所述滤波器估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;
- [0766] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;
- [0767] 获得所述候选集的加权平均;

- [0768] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;
- [0769] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;
- [0770] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及
- [0771] 指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0772] 2. 根据 1 所述的方法,其中,所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。
- [0773] 3. 根据 1 和 2 中的至少一个所述的方法,其包括:
- [0774] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻;以及
- [0775] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0776] 4. 根据 1 至 3 中的至少一个所述的方法,其包括:
- [0777] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0778] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0779] 5. 根据 1 至 4 中的至少一个所述的方法,其包括:
- [0780] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0781] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。
- [0782] 6. 根据 1 至 5 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述候选集的加权平均包括:
- [0783] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及
- [0784] 通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权,形成所选候选集的加权平均。
- [0785] 7. 根据 6 所述的方法,其包括:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。
- [0786] 8. 根据 6 和 7 中的至少一个所述的方法,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。
- [0787] 9. 根据 6 至 8 中的至少一个所述的方法,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。
- [0788] 10. 根据 6 至 9 中的至少一个所述的方法,其中,所述第一门限被确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。
- [0789] 11. 根据 6 至 10 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0790] 12. 根据 6 至 11 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0791] 13. 根据 1 至 12 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述加权平均包括:

[0792] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0793] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0794] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0795] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;

[0796] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择;以及

[0797] 基于所述质量测量来形成所述加权平均。

[0798] 14. 根据 1 至 13 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述加权平均包括:

[0799] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0800] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0801] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0802] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[0803] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

[0804] 15. 根据 13 和 14 中的至少一个所述的方法,其包括:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。

[0805] 16. 根据 13 至 15 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量在预定范围内,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0806] 17. 根据 13 至 16 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0807] 18. 根据 1 至 17 中的至少一个所述的方法,其中,定义所述整数候选集包括:

[0808] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

[0809] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集。

[0810] 19. 根据 18 所述的方法,其中所述选择包括:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[0811] 20. 根据 1 至 19 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0812] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

[0813] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

[0814] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;以及

[0815] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。

[0816] 21. 根据 20 所述的方法,其中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0817] 22. 根据 20 和 21 中的至少一个所述的方法,其中,如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0818] 23. 根据 20 至 22 中的至少一个所述的方法,其包括:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

[0819] 24. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号所导出的参数的装置,所述装置包括:

[0820] 接收机,所述接收机适于从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;

[0821] 滤波器,所述滤波器具有包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量,每个浮点模糊度构成了在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数的实数估计,所述滤波器估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;以及

[0822] 处理元件,所述处理元件适于:

[0823] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0824] 获得所述候选集的加权平均;

[0825] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

[0826] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;

[0827] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及

[0828] 指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0829] 25. 根据 24 所述的装置,其中,所述处理元件适于:获得作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比的所述收敛值。

[0830] 26. 根据 24 和 25 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:

[0831] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻;以及

[0832] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0833] 27. 根据 24 至 26 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:

[0834] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0835] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0836] 28. 根据 24 至 27 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:

[0837] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0838] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。

[0839] 29. 根据 24 至 28 中的至少一个所述的装置,其中,为了获得所述候选集的加权平均,所述处理元件适于:

[0840] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

[0841] 通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权,形成所选候选集的加权平均。

[0842] 30. 根据 29 所述的装置,其中,所述处理元件适于:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[0843] 31. 根据 29 和 30 中的至少一个所述的装置,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0844] 32. 根据 29 至 31 中的至少一个所述的装置,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[0845] 33. 根据 29 至 32 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于将所述第一门限确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[0846] 34. 根据 29 至 33 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0847] 35. 根据 29 至 34 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0848] 36. 根据 24 至 35 中的至少一个所述的装置,其中,为了获得所述加权平均,所述处理元件适于:

[0849] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0850] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0851] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0852] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;

[0853] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择;以及

[0854] 基于所述质量测量来形成所述加权平均。

[0855] 37. 根据 24 至 36 中的至少一个所述的装置,其中,为了获得所述加权平均,所述处理元件适于:

[0856] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0857] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0858] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0859] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[0860] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

[0861] 38. 根据 36 和 37 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。

[0862] 39. 根据 36 至 38 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0863] 40. 根据 36 至 39 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0864] 41. 根据 24 至 40 中的至少一个所述的装置,其中,为了定义所述整数候选集,所述处理元件适于:

[0865] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

[0866] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集。

[0867] 42. 根据 41 所述的装置,其中,所述处理元件适于:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[0868] 43. 根据 24 至 42 中的至少一个所述的装置,其适于:

[0869] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

[0870] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

[0871] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;以及

[0872] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。

[0873] 44. 根据 43 所述的装置,其适于:如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0874] 45. 根据 43 和 44 中的至少一个所述的装置,其适于:如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0875] 46. 根据 43 至 45 中的至少一个所述的装置,其适于:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

[0876] 47. 漫游器,其包括根据 24 至 46 中的任何一个的装置。

[0877] 48. 网络站,其包括根据 24 至 46 中的任何一个的装置。

[0878] 49. 包括指令的计算机程序,所述计算机程序被配置以便当在计算机处理单元上执行时,实现根据 1 至 23 中的任何一个的方法。

[0879] 50. 计算机可读介质,其包括根据 49 的计算机程序。

[0880] (第四方面:在跟踪中断之后保持旧有的观测值)

[0881] 1. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的方法,所述方法包括:

[0882] 从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

[0883] 将观测值的时间序列馈送到滤波器,以便估计至少包括浮点模糊度的状态向量,其中,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的接收频率的整波长数的实数估计,并且其中,基于所述观测值更新时间更新所述状态向量的浮点模糊度;

[0884] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;

[0885] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值;

[0886] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0887] 确定每个候选集的质量测量;以及

[0888] 获得所述候选集的加权平均。

[0889] 2. 根据 1 所述的方法,其中,如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0890] 3. 根据 1 和 2 中的至少一个所述的方法,其中,如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0891] 4. 根据 1 至 3 中的至少一个所述的方法,包括:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

[0892] 5. 根据 1 至 5 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述加权平均包括:

[0893] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及

[0894] 通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权,获得所选候选集的加权平均。

[0895] 6. 根据 5 所述的方法,其包括:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[0896] 7. 根据 5 和 6 中的至少一个所述的方法,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0897] 8. 根据 5 至 7 中的至少一个所述的方法,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[0898] 9. 根据 5 至 8 中的至少一个所述的方法,其中,所述第一门限被确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[0899] 10. 根据 5 至 9 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述平均加权,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0900] 11. 根据 5 至 10 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0901] 12. 根据 1 至 11 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述加权平均包括:

[0902] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0903] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0904] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0905] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;

[0906] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择;以及

[0907] 基于所述质量测量来形成所述加权平均。

[0908] 13. 根据 1 至 12 中的至少一个所述的方法,其中,获得所述加权平均包括:

[0909] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[0910] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[0911] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[0912] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[0913] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

[0914] 14. 根据 1 至 13 中的至少一个所述的方法,其包括:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量,以便改变所述候选集的质量测量相对于所述浮点解的分布。

[0915] 15. 根据 12 至 14 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量在预定范围内,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0916] 16. 根据 12 至 15 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[0917] 17. 根据 1 至 16 中的至少一个所述的方法,其中,定义所述整数候选集包括:

[0918] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及

[0919] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义所述多个整数模糊度候选集。

[0920] 18. 根据 17 所述的方法,其中所述选择包括:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[0921] 19. 根据 1 至 18 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0922] 由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;

[0923] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

[0924] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;

[0925] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及

[0926] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0927] 20. 根据 19 所述的方法,其中,所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。

[0928] 21. 根据 19 和 20 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0929] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时的时刻;以及

[0930] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0931] 22. 根据 19 至 21 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0932] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0933] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[0934] 23. 根据 19 至 22 中的至少一个所述的方法,其包括:

[0935] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及

[0936] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。

[0937] 24. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号所导出的参数的装置,所述装置包括:

[0938] 接收机,所述接收机适于从多个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的每个接收频率的观测值,以便获得在多个时刻的观测值;

[0939] 滤波器,所述滤波器基于观测值的时间序列来估计至少包括浮点模糊度的状态向量,其中,每个浮点模糊度构成了在 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的接收频率的整波长数的实数估计,并且其中,基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度;以及

[0940] 处理元件,所述处理元件适于:

[0941] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断;

[0942] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值;

[0943] 将整数值指派给所估计的浮点值的至少一个子组,以便定义多个整数模糊度候选集;

[0944] 确定每个候选集的质量测量;以及

[0945] 获得所述候选集的加权平均。

[0946] 25. 根据 24 所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用,则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。

[0947] 26. 根据 24 和 25 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果发生了周跳,则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。

[0948] 27. 根据 24 至 26 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果在信号的跟踪中断之后,所述信号的跟踪恢复,则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值,作为第一浮点模糊度,并且在恢复跟踪之后,将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。

[0949] 28. 根据 24 至 27 中的至少一个所述的装置,其中,为了获得所述加权平均,所述处

理元件适于：

[0950] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集，其中，所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的；以及

[0951] 通过对每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权，获得所选候选集的加权平均。

[0952] 29. 根据 28 所述的装置，其中，所述处理元件适于：使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[0953] 30. 根据 28 和 29 中的至少一个所述的装置，其中，所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[0954] 31. 根据 28 至 30 中的至少一个所述的装置，其中，所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成，候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[0955] 32. 根据 28 至 31 中的至少一个所述的装置，其中，所述处理元件适于将所述第一门限确定为以下中的至少一个：所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数，以及与所述参考质量测量的距离。

[0956] 33. 根据 28 至 32 中的至少一个所述的装置，其中，所述处理元件适于：如果所选候选集的第一数目小于第二门限，则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始，按照降序，基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均，所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[0957] 34. 根据 28 至 33 中的至少一个所述的装置，其中，所述处理元件适于：如果所选候选集的第一数目大于第三门限，则以具有最差质量测量的所选候选集开始，按照降序，在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集，其中，所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[0958] 35. 根据 24 至 34 中的至少一个所述的装置，其中，为了获得所述加权平均，所述处理元件适于：

[0959] 确定所述候选集的最佳质量测量；

[0960] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值；

[0961] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量；

[0962] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量；

[0963] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择；以及

[0964] 基于所述质量测量来形成所述加权平均。

[0965] 36. 根据 24 至 35 中的至少一个所述的装置，其中，为了获得所述加权平均，所述处理元件适于：

[0966] 确定所述候选集的最佳质量测量；

[0967] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值；

[0968] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量；

[0969] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量；以及

- [0970] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。
- [0971] 37. 根据 24 至 36 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量,以便改变所述候选集的质量测量相对于所述浮点解的分布。
- [0972] 38. 根据 35 至 37 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。
- [0973] 39. 根据 35 至 38 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。
- [0974] 40. 根据 24 至 39 中的至少一个所述的装置,其中,为了定义所述整数候选集,所述处理元件适于:
- [0975] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集,以便形成用于定义所述多个整数模糊度候选集的所述状态向量的浮点模糊度的子组;以及
- [0976] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义所述多个整数模糊度候选集。
- [0977] 41. 根据 40 所述的装置,其中,所述处理元件适于:选择被连续跟踪达最长时间段的频率的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。
- [0978] 42. 根据 24 至 41 中的至少一个所述的装置,其中,所述滤波器适于:
- [0979] 由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;并且
- [0980] 其中,所述处理元件适于:
- [0981] 基于所述滤波器的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;
- [0982] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;
- [0983] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及
- [0984] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0985] 43. 根据 42 所述的装置,其中,所述处理元件适于:获得作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比的所述收敛值。
- [0986] 44. 根据 42 和 43 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0987] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻;以及
- [0988] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后,指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0989] 45. 根据 42 至 44 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0990] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0991] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限,则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [0992] 46. 根据 42 至 45 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:
- [0993] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度;以及
- [0994] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限,则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。

- [0995] 47. 漫游器,其包括根据 24 至 46 中的任何一个的装置。
- [0996] 48. 网络站,其包括根据 24 至 46 中的任何一个的装置。
- [0997] 49. 包括指令的计算机程序,所述计算机程序被配置以便当在计算机处理单元上执行时,实现根据 1 至 23 中的任何一个的方法。
- [0998] 50. 计算机可读介质,其包括根据 49 的计算机程序。
- [0999] (第五方面:模糊度选择)
- [1000] 1. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统(GNSS)信号所导出的参数的方法,所述方法包括:
- [1001] 从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值;
- [1002] 将所述观测值馈送到具有状态向量的滤波器,所述状态向量至少包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度,每个浮点模糊度构成了与在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计,并且所述滤波器用于为所述状态向量的每个浮点模糊度估计浮点值;
- [1003] 选择所述状态向量的模糊度的子集;
- [1004] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个候选集;
- [1005] 确定每个候选集的质量测量;以及
- [1006] 形成所述候选集的加权平均。
- [1007] 2. 根据 1 所述的方法,其中,选择所述状态向量的浮点模糊度的子集包括以下之一:(a) 操作所述滤波器以便根据所述观测值来估计浮点模糊度值的完备集,并且随后从浮点模糊度值的完备集当中选择浮点模糊度的所述子集;以及(b) 操作所述滤波器以便根据所述观测值来估计所选择的包括比浮点模糊度值的所述完备集更少的浮点模糊度值的部分集,其中,所述浮点模糊度值的部分集包括所述状态向量的浮点模糊度的所述子集。
- [1008] 3. 根据 1 或 2 所述的方法,其中所述选择包括:选择与被连续跟踪达最长时间段的卫星的频率相对应的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。
- [1009] 4. 根据 1 至 3 中的至少一个所述的方法,其中,形成所述加权平均包括:
- [1010] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的;以及
- [1011] 形成所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权。
- [1012] 5. 根据 1 至 4 中的至少一个所述的方法,其进一步包括:
- [1013] 通过以下中的至少一个来确定所述浮点解中的问题:(1) 将参考候选集的质量测量与问题门限进行比较,和(2) 通过将所述参考候选集的质量测量与所述参考候选集的浮点模糊度的超集的质量测量进行比较来确定改进因子;以及
- [1014] 重置所述浮点模糊度中没有被包括在所述候选集中的至少一个浮点模糊度的所估计的浮点值。
- [1015] 6. 根据 1 至 5 中的至少一个所述的方法,其包括:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。
- [1016] 7. 根据 4 和 5 中的至少一个所述的方法,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测

量的候选集。

[1017] 8. 根据 4 至 7 中的至少一个所述的方法,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[1018] 9. 根据 4 至 8 中的至少一个所述的方法,其中,所述第一门限被确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[1019] 10. 根据 4 至 9 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[1020] 11. 根据 4 至 10 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[1021] 12. 根据 1 至 11 中的至少一个所述的方法,其中,形成所述加权平均包括:

[1022] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[1023] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[1024] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[1025] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[1026] 基于所调整的质量测量来执行对所述第一数目的候选集的选择。

[1027] 13. 根据 1 至 12 中的至少一个所述的方法,其中,形成所述加权平均包括:

[1028] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[1029] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[1030] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[1031] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[1032] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

[1033] 14. 根据 12 和 13 中的至少一个所述的方法,其包括:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。

[1034] 15. 根据 12 至 14 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[1035] 16. 根据 12 至 14 中的至少一个所述的方法,其包括:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[1036] 17. 根据 1 至 16 中的至少一个所述的方法,其包括:

[1037] 由所述滤波器来估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;

[1038] 基于所述滤波器的导出的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

- [1039] 确定所述加权平均的所获得的精确度值；
- [1040] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值；以及
- [1041] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [1042] 18. 根据 17 所述的方法，其中，所述收敛值是作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比而获得的。
- [1043] 19. 根据 17 和 18 中的至少一个所述的方法，其包括：
- [1044] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时时刻；以及
- [1045] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后，指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [1046] 20. 根据 17 至 19 中的至少一个所述的方法，其包括：
- [1047] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度；以及
- [1048] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限，则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [1049] 21. 根据 17 至 20 中的至少一个所述的方法，其包括：
- [1050] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度；以及
- [1051] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限，则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。
- [1052] 22. 根据 1 至 21 中的至少一个所述的方法，其包括：
- [1053] 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值，以便获得在多个时刻的观测值；
- [1054] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度；
- [1055] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断；以及
- [1056] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。
- [1057] 23. 根据 22 所述的方法，其中，如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用，则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。
- [1058] 24. 根据 22 和 23 中的至少一个所述的方法，其中，如果发生了周跳，则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。
- [1059] 25. 根据 22 至 24 中的至少一个所述的方法，其包括：如果在信号的跟踪中断之后，所述信号的跟踪恢复，则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值，作为第一浮点模糊度，并且在恢复跟踪之后，将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。
- [1060] 26. 一种用于估计从对确定位置有用的全球导航卫星系统 (GNSS) 信号所导出的参数的装置，所述装置包括：
- [1061] 接收机，所述接收机适于从多个 GNSS 卫星中的每个 GNSS 卫星获得 GNSS 信号的观测值；
- [1062] 滤波器，所述滤波器具有至少包括所述 GNSS 信号的每个接收频率的浮点模糊度的状态向量，每个浮点模糊度构成了与在所述 GNSS 信号的接收机和从其接收到所述 GNSS 信号的 GNSS 卫星之间的所述 GNSS 信号的整波长数相关联的实数估计，并且所述滤波器用

于估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值；

[1063] 处理元件,所述处理元件适于；

[1064] 选择所述状态向量的浮点模糊度的子集；

[1065] 将整数值指派给所述子集的浮点模糊度的所估计的浮点值,以便定义多个整数模糊度候选集；

[1066] 确定每个候选集的质量测量；以及

[1067] 形成所述候选集的加权平均。

[1068] 27. 根据 26 所述的装置,其中,所述处理元件适于通过以下之一来选择所述状态向量的浮点模糊度的子集:(a) 操作所述滤波器以便根据所述观测值来估计浮点模糊度值的完备集,并且随后从浮点模糊度值的所述完备集中选择浮点模糊度的所述子集；以及(b) 操作所述滤波器以便根据所述观测值来估计所选择的包括比浮点模糊度值的全集更少的浮点模糊度值的部分集,其中,所述浮点模糊度值的部分集包括所述状态向量的浮点模糊度的所述子集。

[1069] 28. 根据 26 和 27 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:选择与被连续跟踪达最长时间段的卫星的频率相对应的浮点模糊度,作为所述子集的浮点模糊度。

[1070] 29. 根据 26 至 28 中的至少一个所述的装置,其中,为了形成所述加权平均,所述处理元件适于；

[1071] 选择具有优于第一门限的质量测量的第一数目的候选集,其中,所述第一门限是基于参考候选集的参考质量测量来确定的；以及

[1072] 形成所选候选集的加权平均,每个候选集基于其质量测量而在所述加权平均中进行加权。

[1073] 30. 根据 26 至 29 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件进一步适于；

[1074] 通过以下中的至少一个来确定所述浮点解中的问题:(1) 将参考候选集的质量测量与问题门限进行比较,和(2) 通过将所述参考候选集的质量测量与所述参考候选集的浮点模糊度的超集的质量测量进行比较来确定改进因子；以及

[1075] 重置所述浮点模糊度中没有被包括在所述候选集中的至少一个浮点模糊度的所估计的浮点值。

[1076] 31. 根据 26 至 29 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:使用所述加权平均来估计所述 GNSS 信号的接收机的位置。

[1077] 32. 根据 29 和 30 中的至少一个所述的装置,其中,所述参考候选集是具有最佳质量测量的候选集。

[1078] 33. 根据 29 至 32 中的至少一个所述的装置,其中,所述候选集的质量测量由残余误差范数值来构成,候选集的残余误差范数值是对所述候选集到具有所述浮点模糊度的所述状态向量的统计距离的度量。

[1079] 34. 根据 29 至 32 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于将所述第一门限确定为以下中的至少一个:所述参考质量测量的分数、所述参考质量测量的倍数,以及与所述参考质量测量的距离。

[1080] 35. 根据 29 至 34 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目小于第二门限,则以具有最佳质量测量的非所选候选集开始,按照降序,

基于候选集的质量测量来选择第二数目的进一步的候选集用于形成所述加权平均,所述第二数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最小数目的第二门限之间的差来构成。

[1081] 36. 根据 29 至 35 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所选候选集的第一数目大于第三门限,则以具有最差质量测量的所选候选集开始,按照降序,在形成所述加权平均时排除第三数目的所选候选集,其中,所述第三数目由在所选候选集的第一数目与定义了要包括在所述加权平均中的候选集的最大数目的第三门限之间的差来构成。

[1082] 37. 根据 26 至 36 中的至少一个所述的装置,其中,为了形成所述加权平均,所述处理元件适于:

[1083] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[1084] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[1085] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[1086] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[1087] 基于所调整的质量测量来执行对第一数目的候选集的选择。

[1088] 38. 根据 26 至 37 中的至少一个所述的装置,其中,为了形成所述加权平均,所述处理元件适于:

[1089] 确定所述候选集的最佳质量测量;

[1090] 确定具有所述最佳质量测量的候选集的期望值;

[1091] 确定作为所述最佳质量测量与所述期望值之比的误差测量;

[1092] 根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量;以及

[1093] 基于所调整的质量测量来形成所述加权平均。

[1094] 39. 根据 37 和 38 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:通过调节所述浮点解的方差-协方差矩阵,根据所述误差测量来调整所述候选集的质量测量。

[1095] 40. 根据 37 至 39 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量在预定范围中,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[1096] 41. 根据 37 至 40 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:如果所述误差测量大于一,则使用所述误差测量来调节所述滤波器的方差-协方差矩阵。

[1097] 42. 根据 26 至 41 中的至少一个所述的装置,其中,所述滤波器适于:估计所述状态向量的每个浮点模糊度的浮点值以及与所述状态向量相关联的协方差值;并且所述处理元件适于:

[1098] 基于所述滤波器的导出的协方差值来确定形式上的精确度值,所述形式上的精确度值是对可获得的精确度的度量;

[1099] 确定所述加权平均的所获得的精确度值;

[1100] 将所获得的精确度值与所述形式上的精确度值进行比较以获得收敛值;以及

[1101] 基于所述收敛值来指示所述状态向量的确定结果的收敛性。

[1102] 43. 根据 42 所述的装置,其中,所述处理元件适于:获得作为所获得的精确度值与所述形式上的精确度值之比的所述收敛值。

[1103] 44. 根据 42 和 43 中的至少一个所述的装置,其中,所述处理元件适于:

- [1104] 确定当所述位置的收敛值优于收敛门限时的时刻 ; 以及
- [1105] 在所确定的时刻处和在所确定的时刻之后, 指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [1106] 45. 根据 42 至 44 中的至少一个所述的装置, 其中, 所述处理元件适于 :
- [1107] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度 ; 以及
- [1108] 如果所述位置的所获得的精确度优于含括门限, 则指示所述状态向量的确定结果的收敛性。
- [1109] 46. 根据 42 至 45 中的至少一个所述的装置, 其中, 所述处理元件适于 :
- [1110] 估计基于加权模糊度所确定的接收机位置的所获得的精确度 ; 以及
- [1111] 如果所述位置的所获得的精确度差于排除门限, 则指示所述状态向量的确定结果的非收敛性。
- [1112] 47. 根据 26 至 46 中的至少一个所述的装置, 其中, 所述滤波器适于 : 从所述多个 GNSS 卫星获得所述 GNSS 信号的至少一个频率的观测值, 以便获得在多个时刻的观测值 ; 并且所述处理元件适于 :
- [1113] 基于所述观测值随时间更新所述状态向量的浮点模糊度 ;
- [1114] 确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断 ; 以及
- [1115] 将发生了跟踪中断的所述至少一个信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值。
- [1116] 48. 根据 47 所述的装置, 其中, 所述处理元件适于 : 如果至少一个信号的观测值对于至少一个所述时刻不可用, 则确定在跟踪卫星的所述至少一个信号时发生了中断。
- [1117] 49. 根据 47 和 48 中的至少一个所述的装置, 其中, 所述处理元件适于 : 如果发生了周跳, 则确定在跟踪卫星的至少一个信号时发生了中断。
- [1118] 50. 根据 47 至 49 中的至少一个所述的装置, 其中, 所述处理元件适于 : 如果在信号的跟踪中断之后, 所述信号的跟踪恢复, 则将发生了跟踪中断的信号的状态向量的浮点模糊度维持为在发生跟踪中断之前的值, 作为第一浮点模糊度, 并且在恢复跟踪之后, 将所述信号的第二浮点模糊度引入到所述状态向量中。
- [1119] 51. 漫游器, 其包括根据 26 至 50 中的任何一个的装置。
- [1120] 52. 网络站, 其包括根据 26 至 51 中的任何一个的装置。
- [1121] 53. 包括指令的计算机程序, 所述计算机程序被配置以便当在计算机处理单元上执行时, 实现根据 1 至 25 中的任何一个的方法。
- [1122] 54. 计算机可读介质, 其包括以下之一 : 体现了根据 53 的计算机程序的计算机可读物理储存介质, 以及体现了根据 53 的计算机程序的计算机可读传输介质。

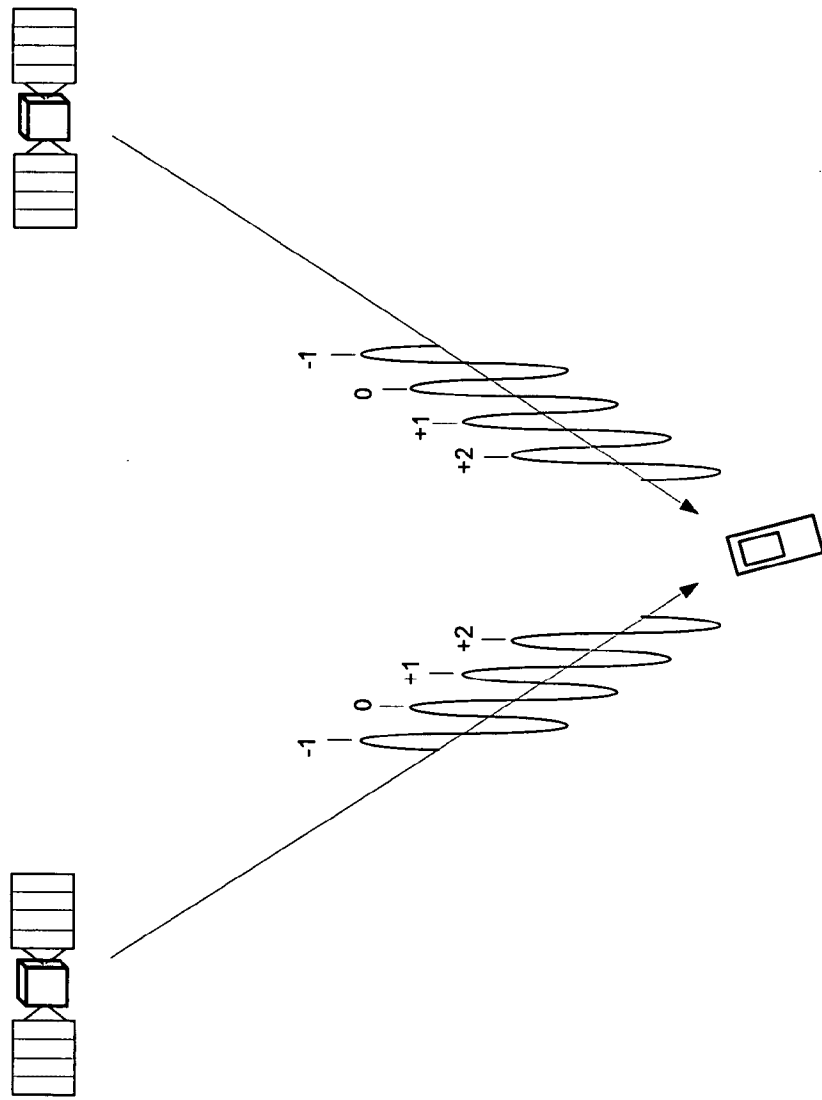


图 1

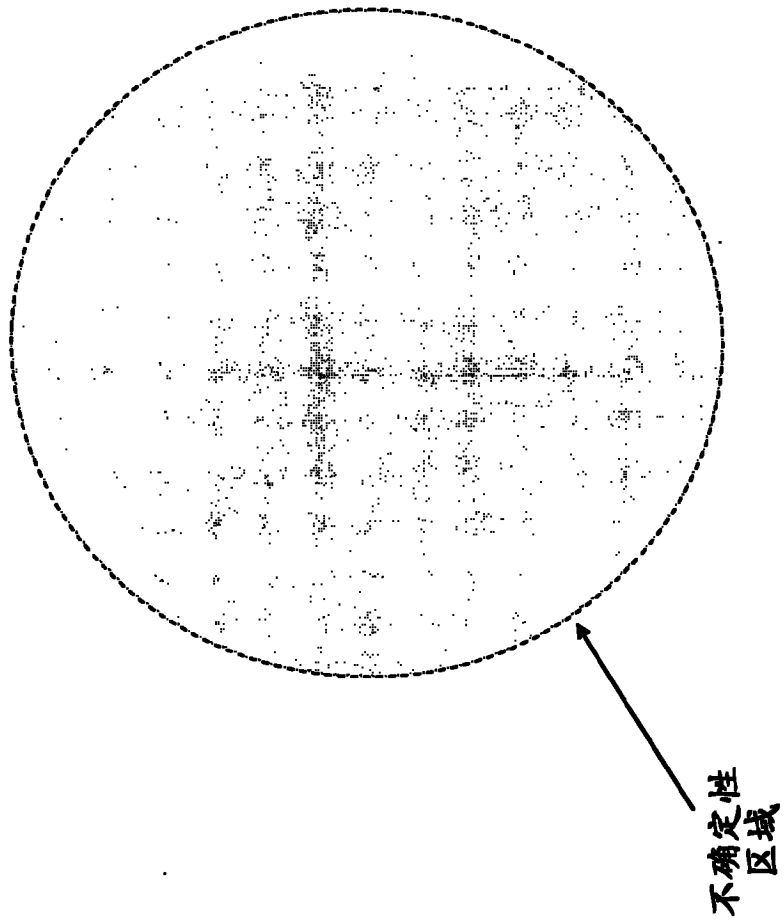


图 2a

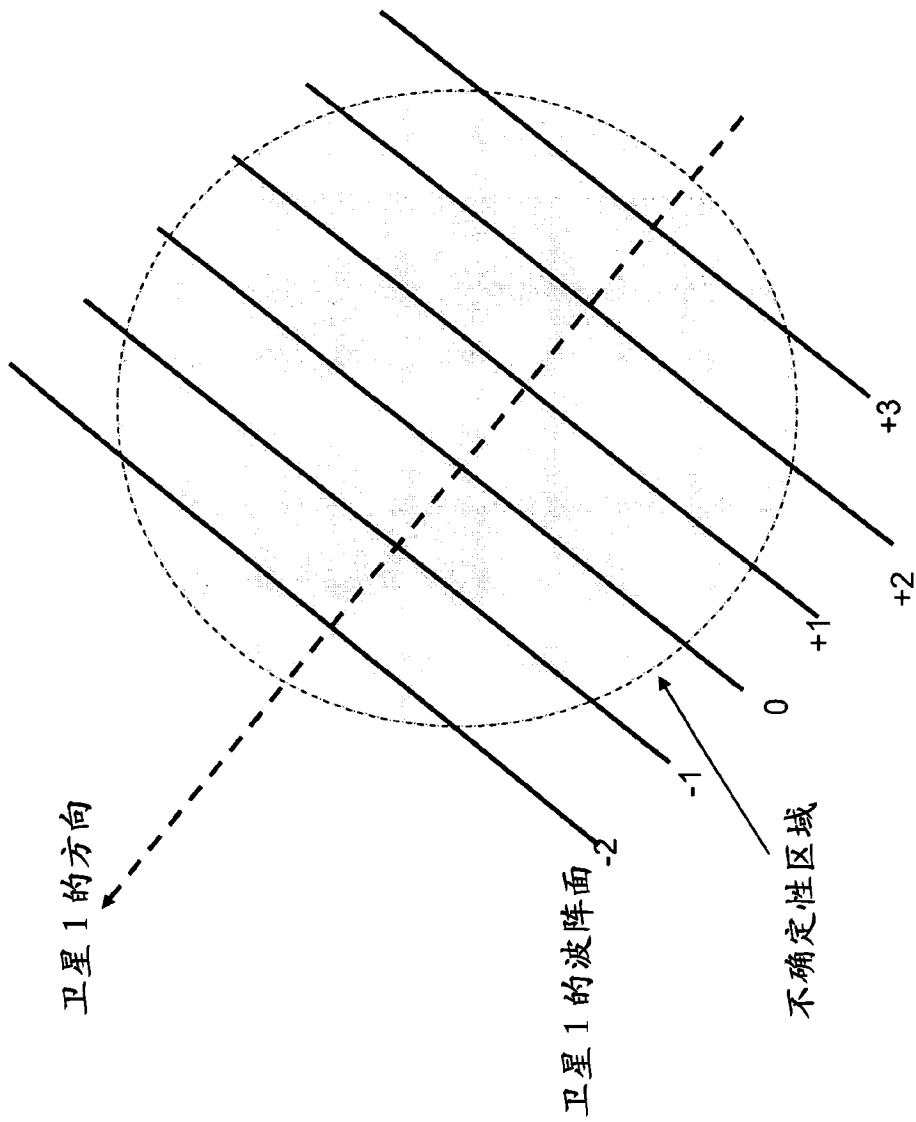


图 2b

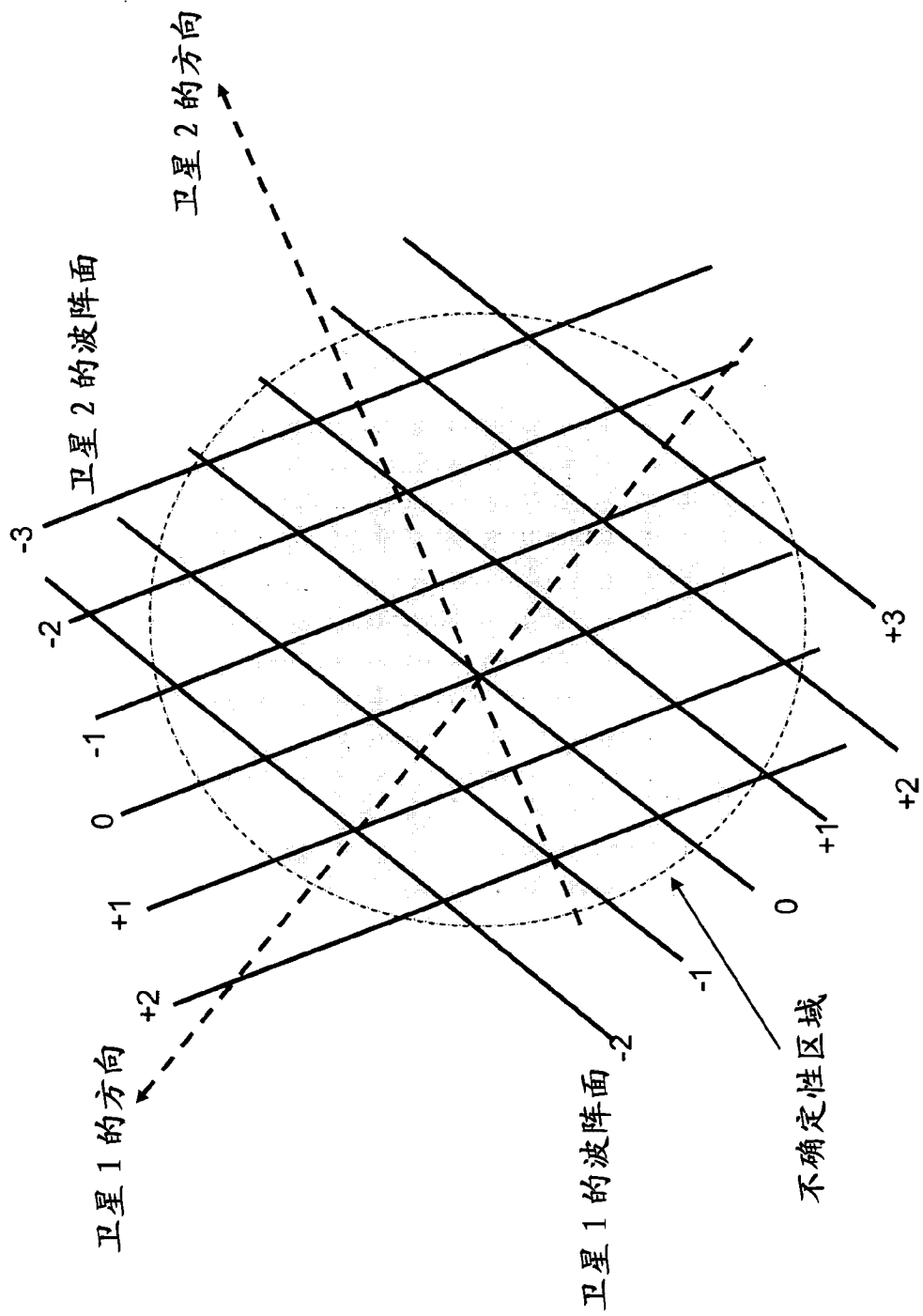


图 2c

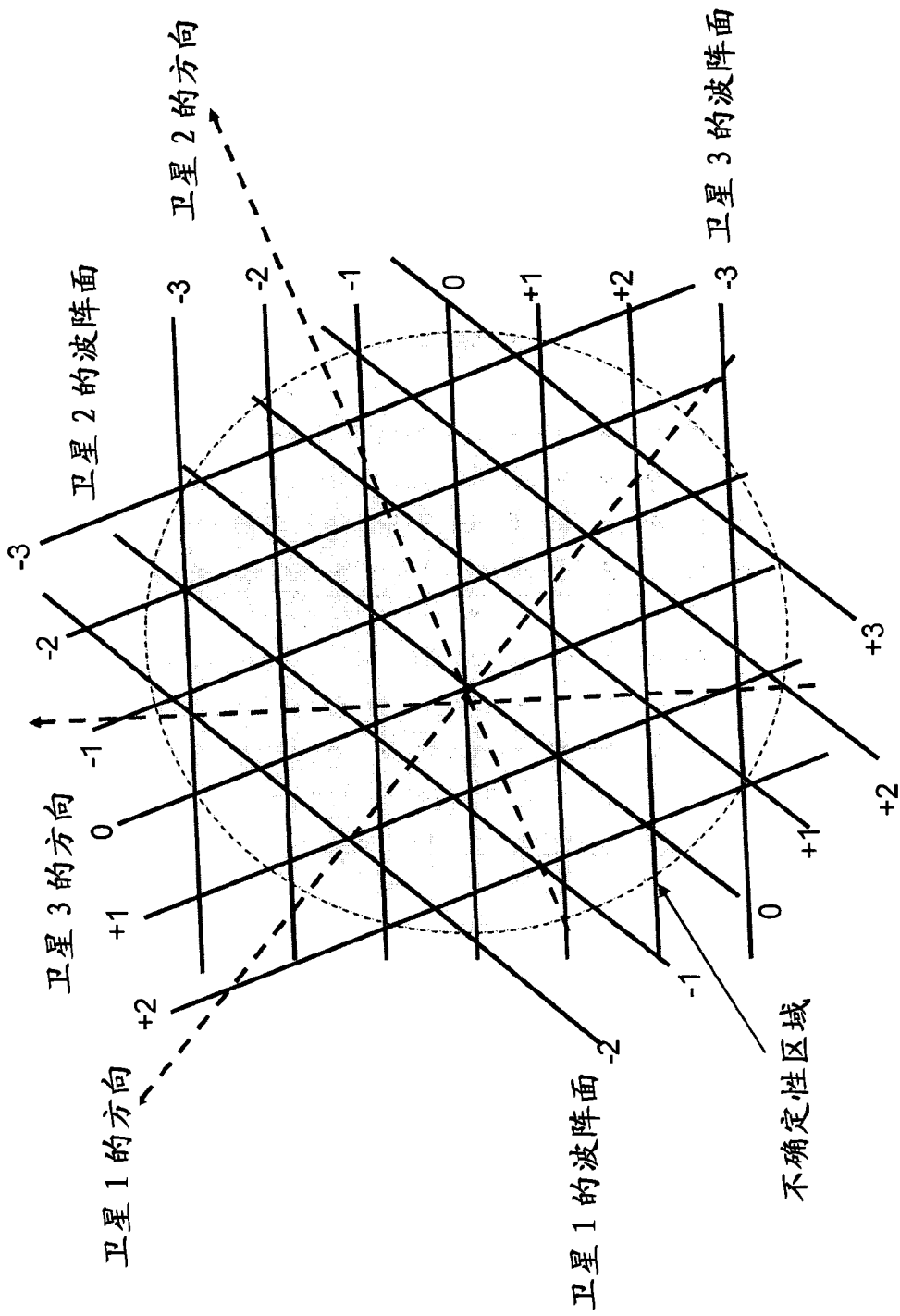


图 2d

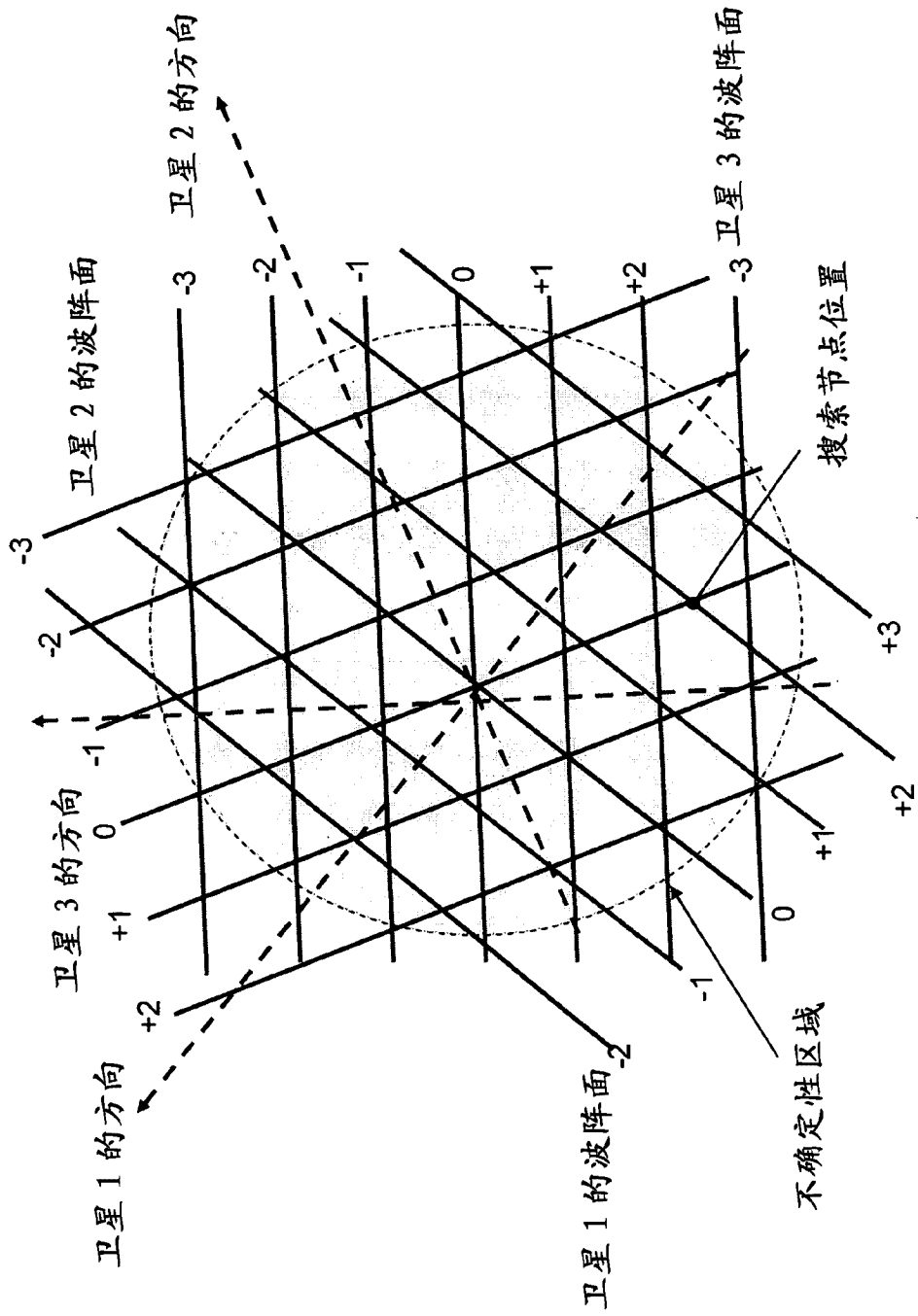


图 2e

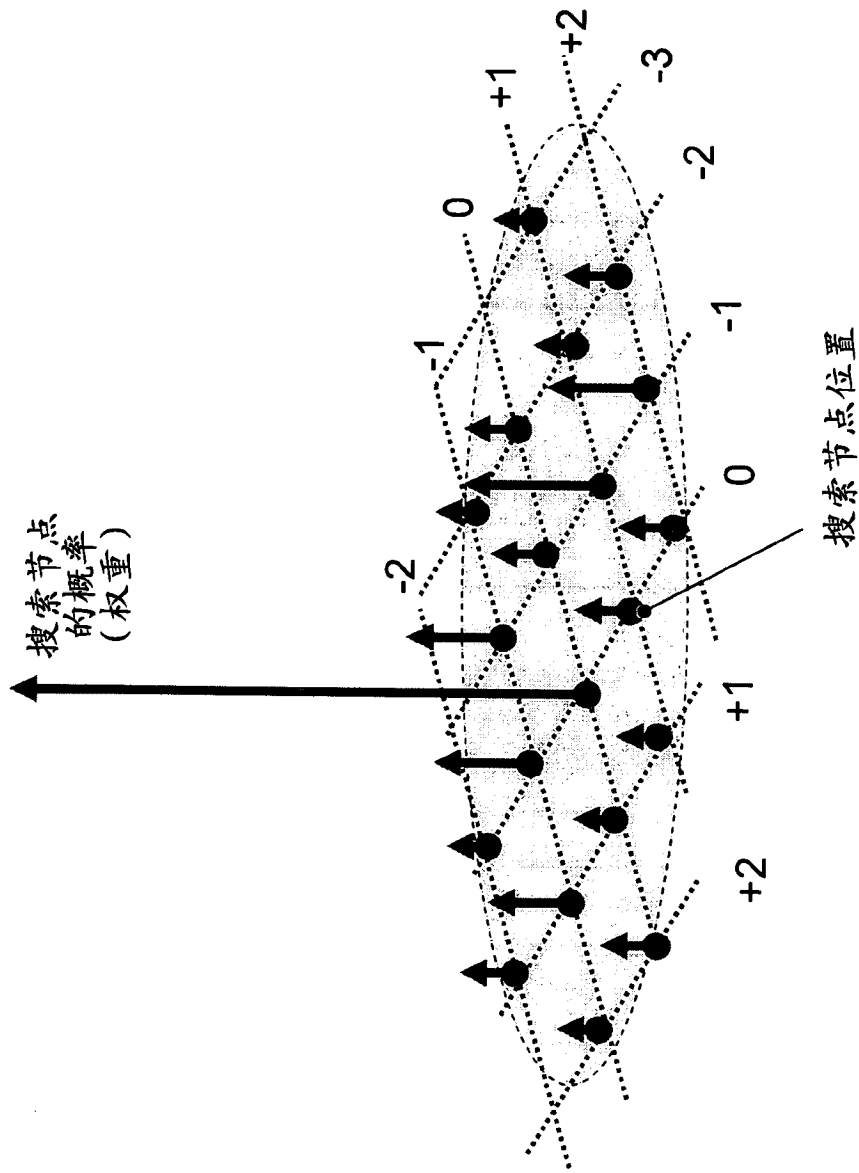


图 3

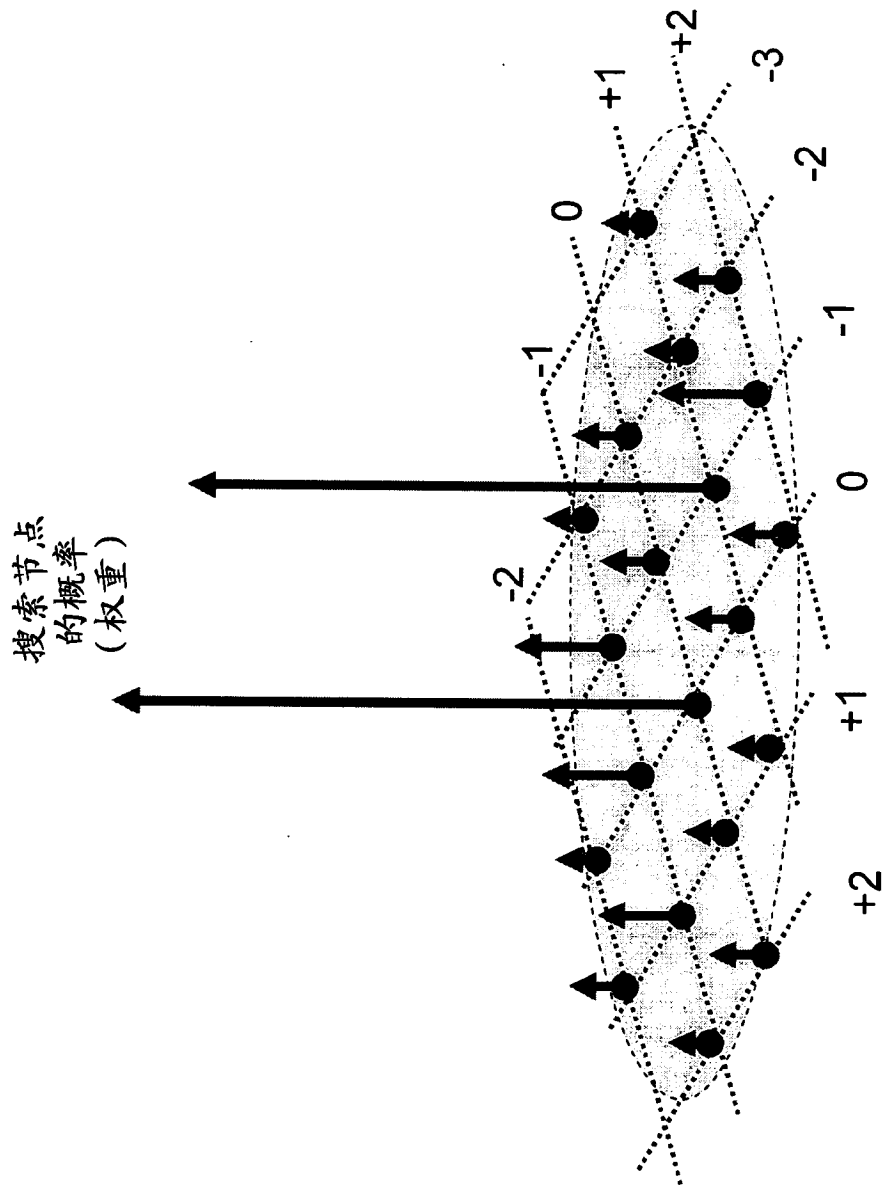


图 4

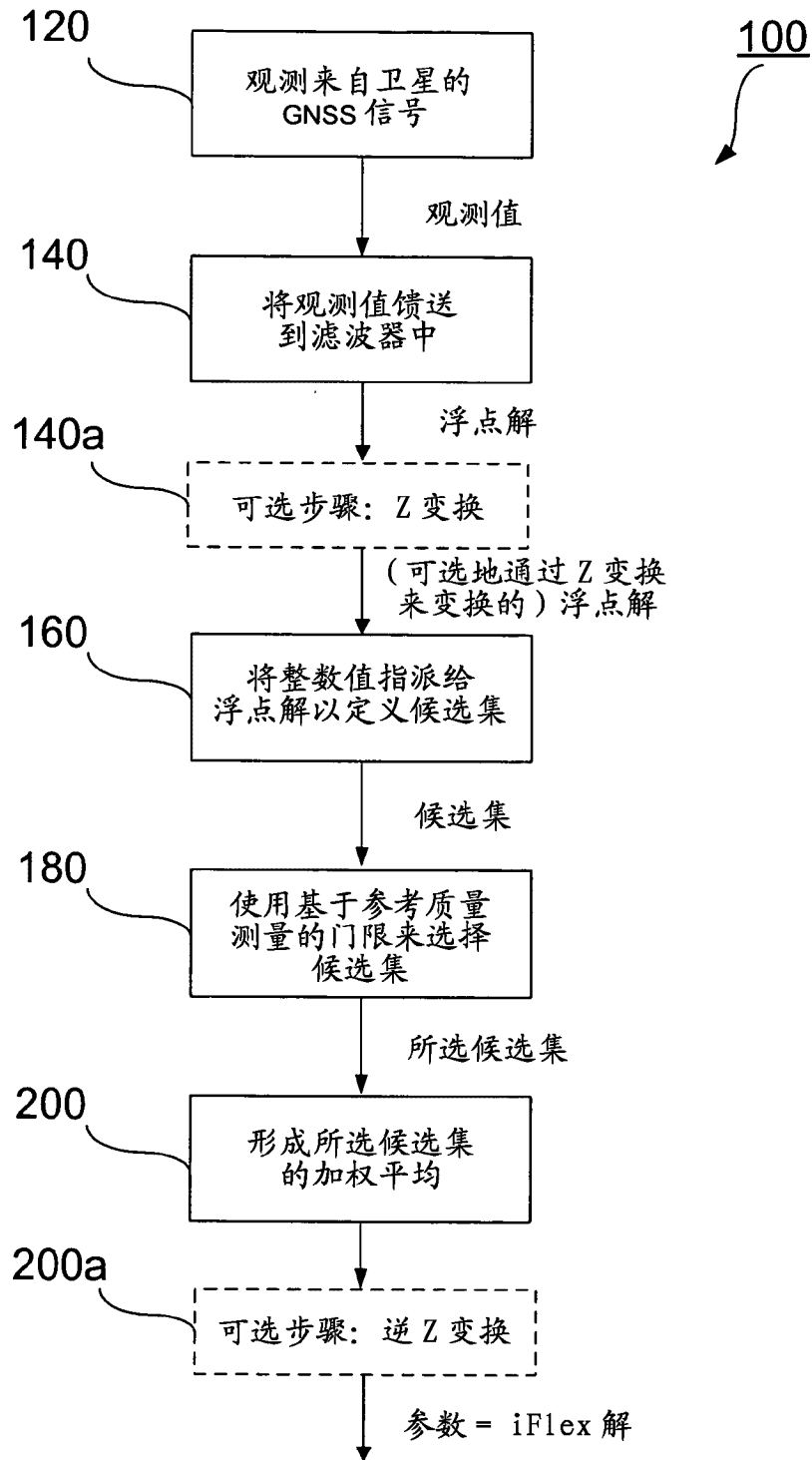


图 5a

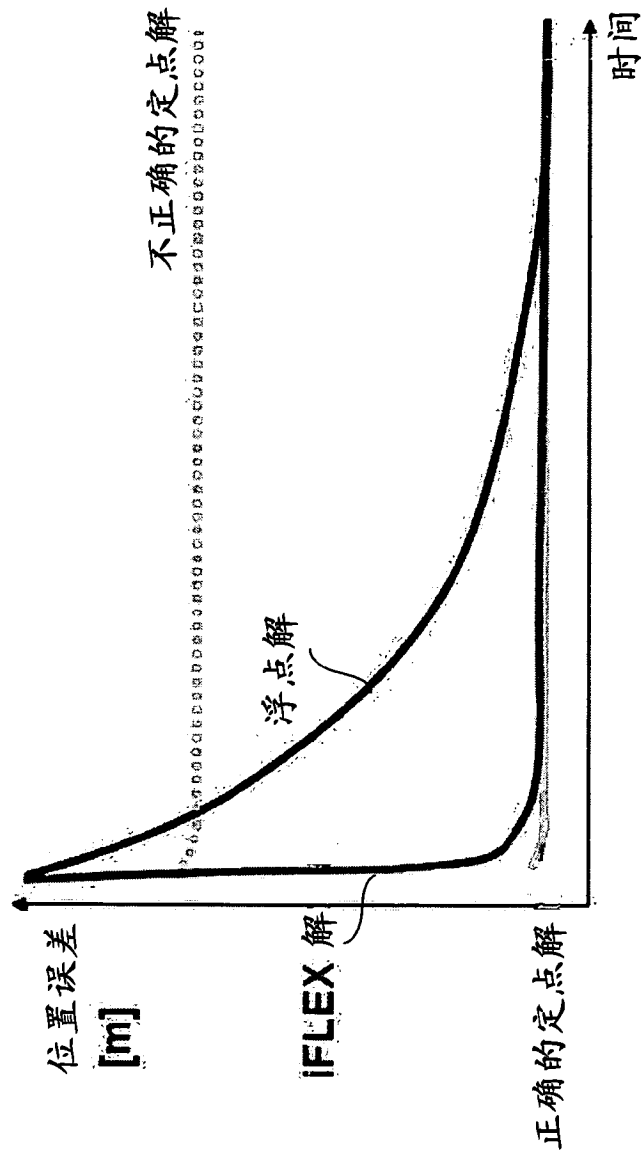


图 5b

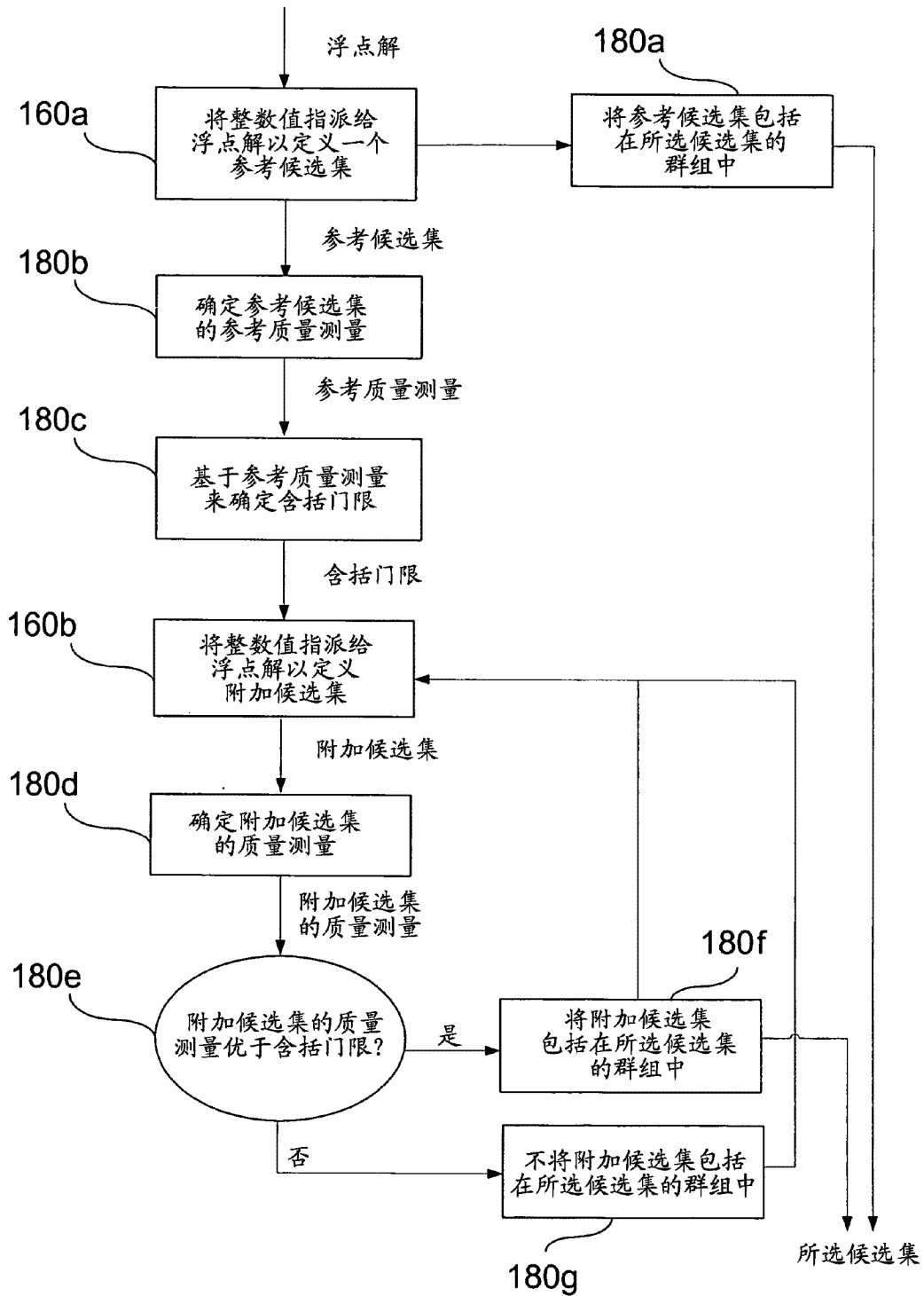


图 6a

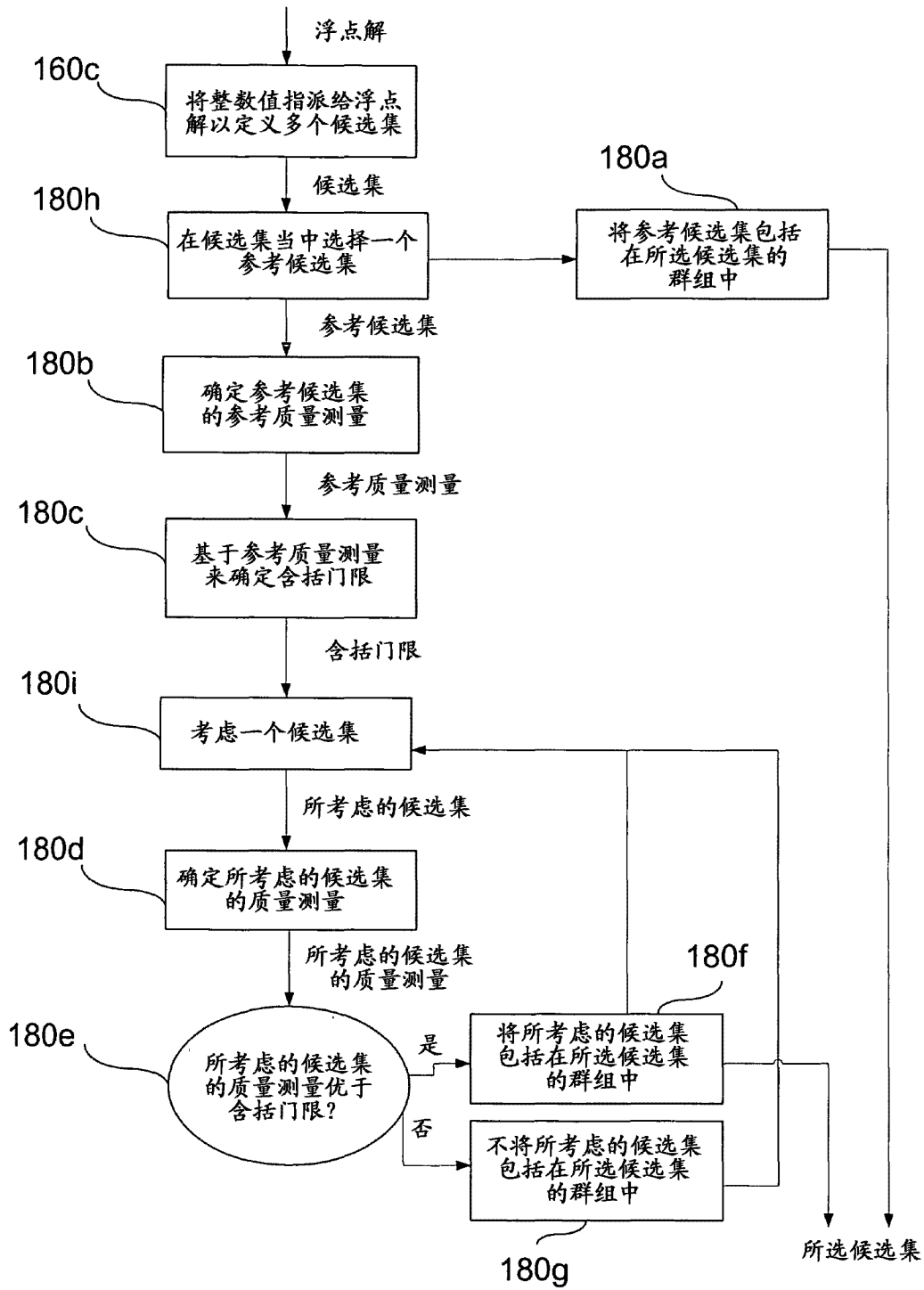


图 6b

浮点解: (2.11, 3.58, -0.52, -2.35, 1.01, 0.98, 1.50)
 参考候选集: (2, 4, -1, -2, 1, 1, 1)

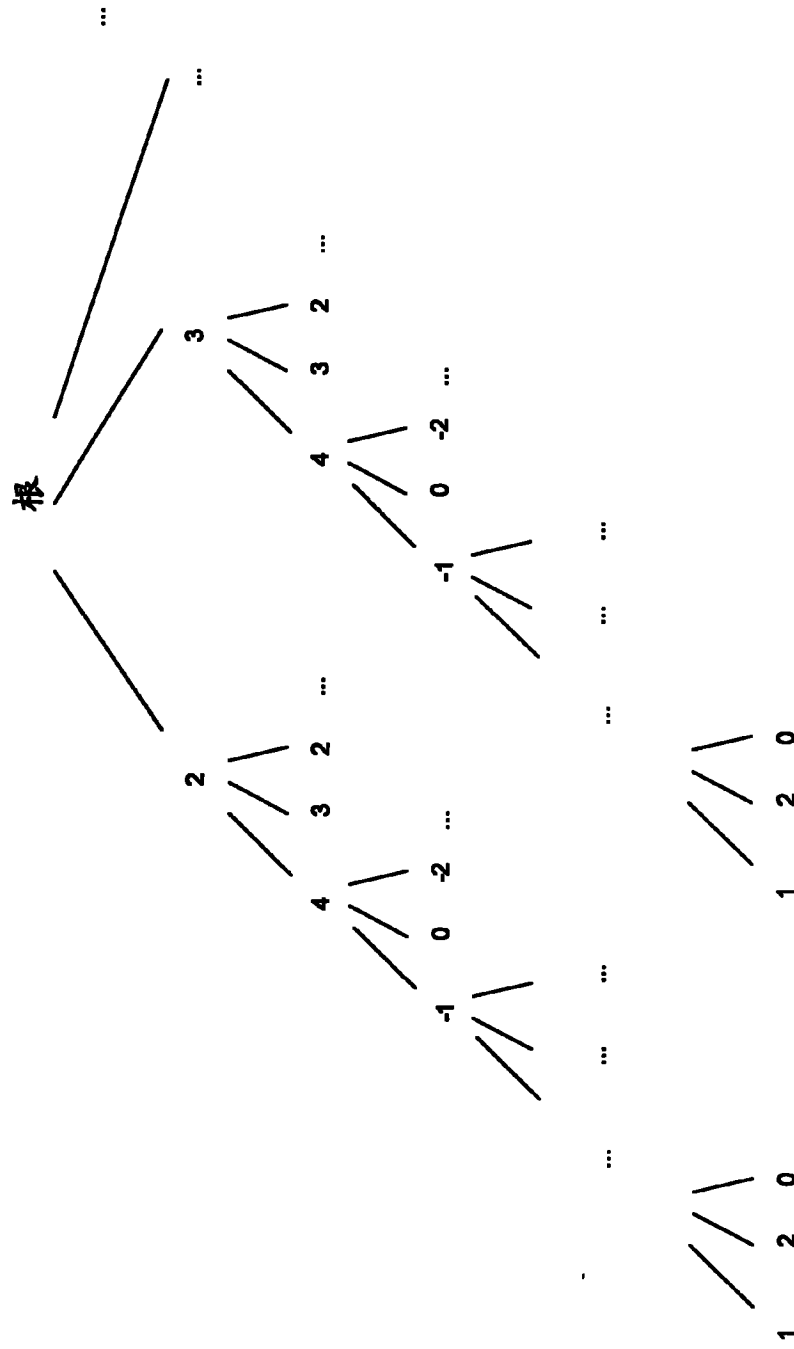


图 7

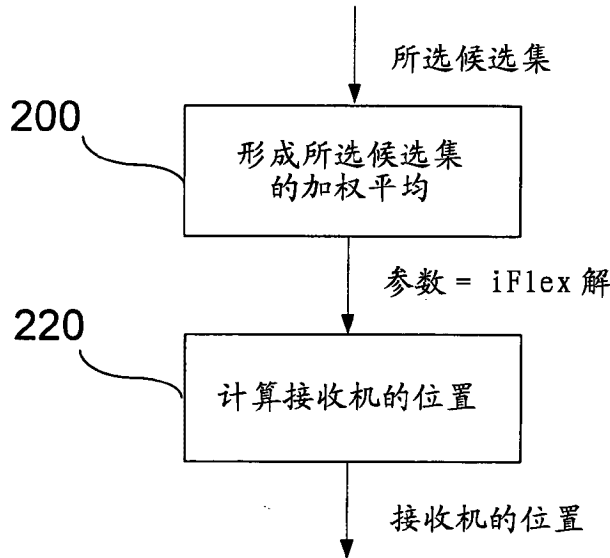


图 8

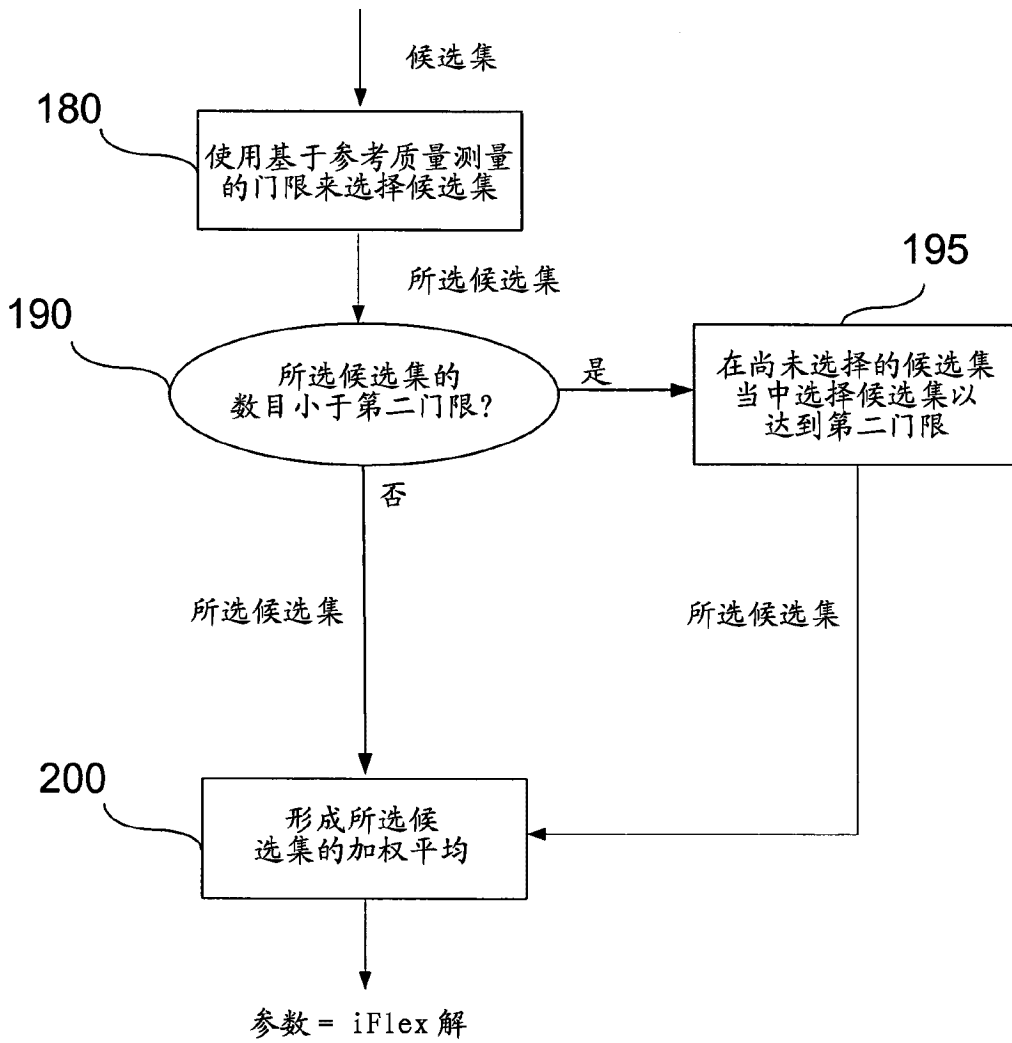


图 9

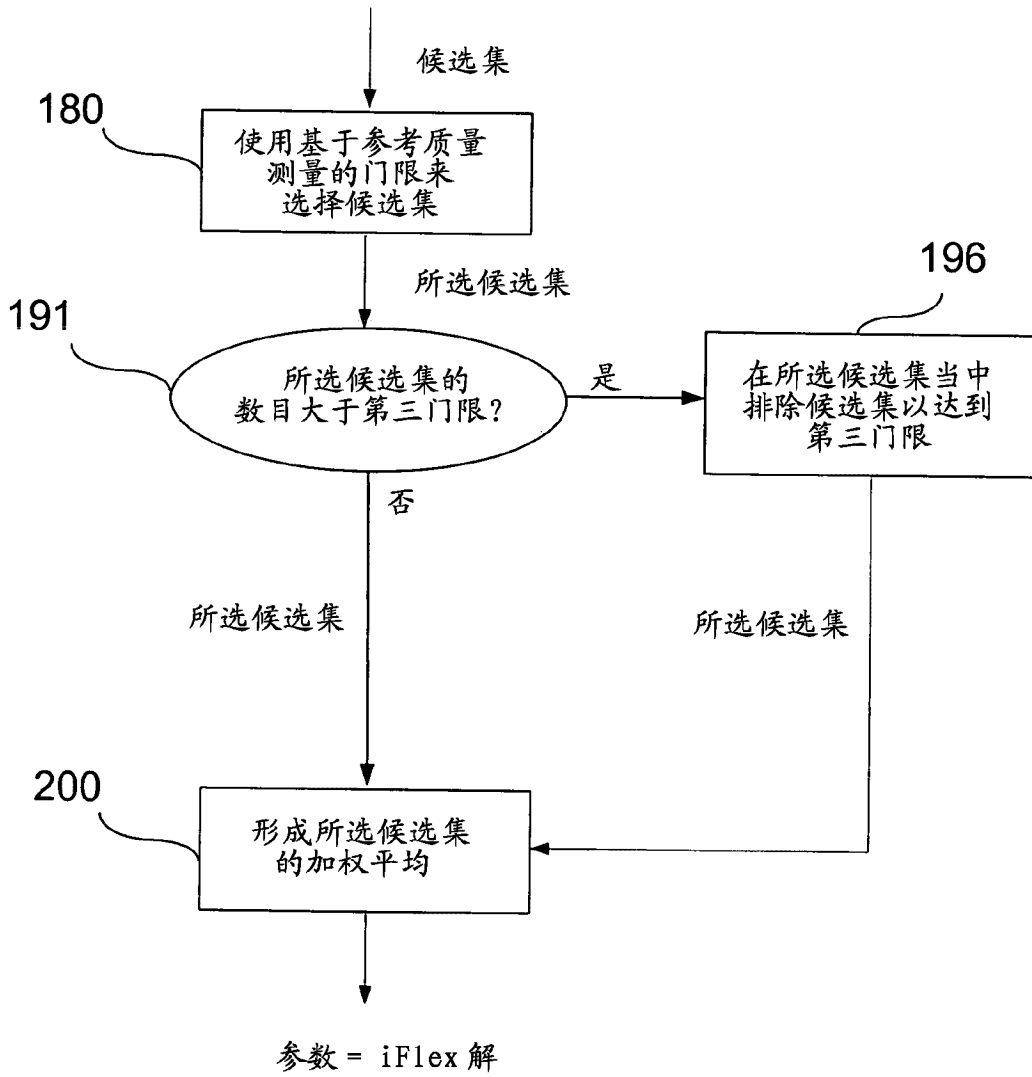


图 10

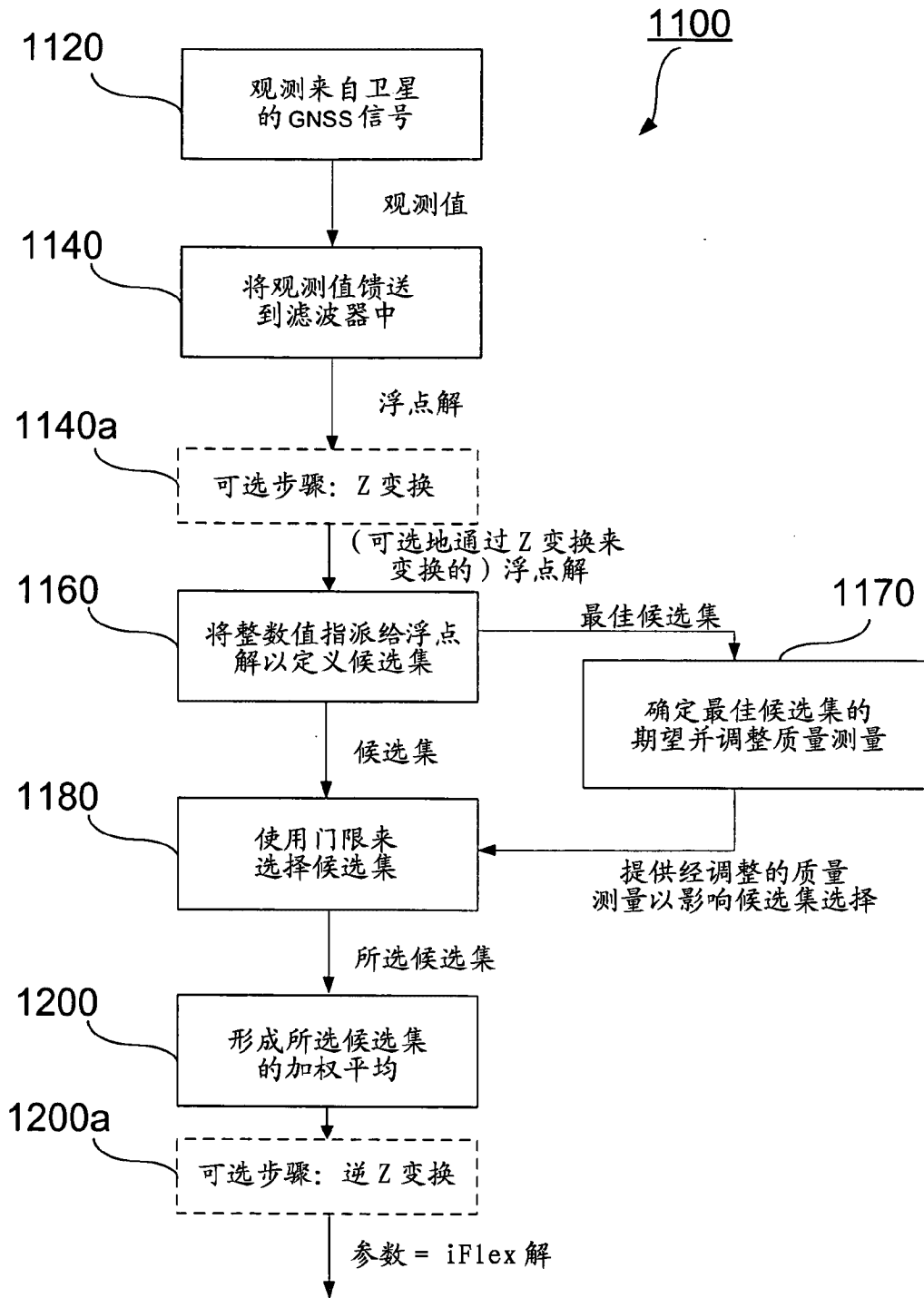


图 11a

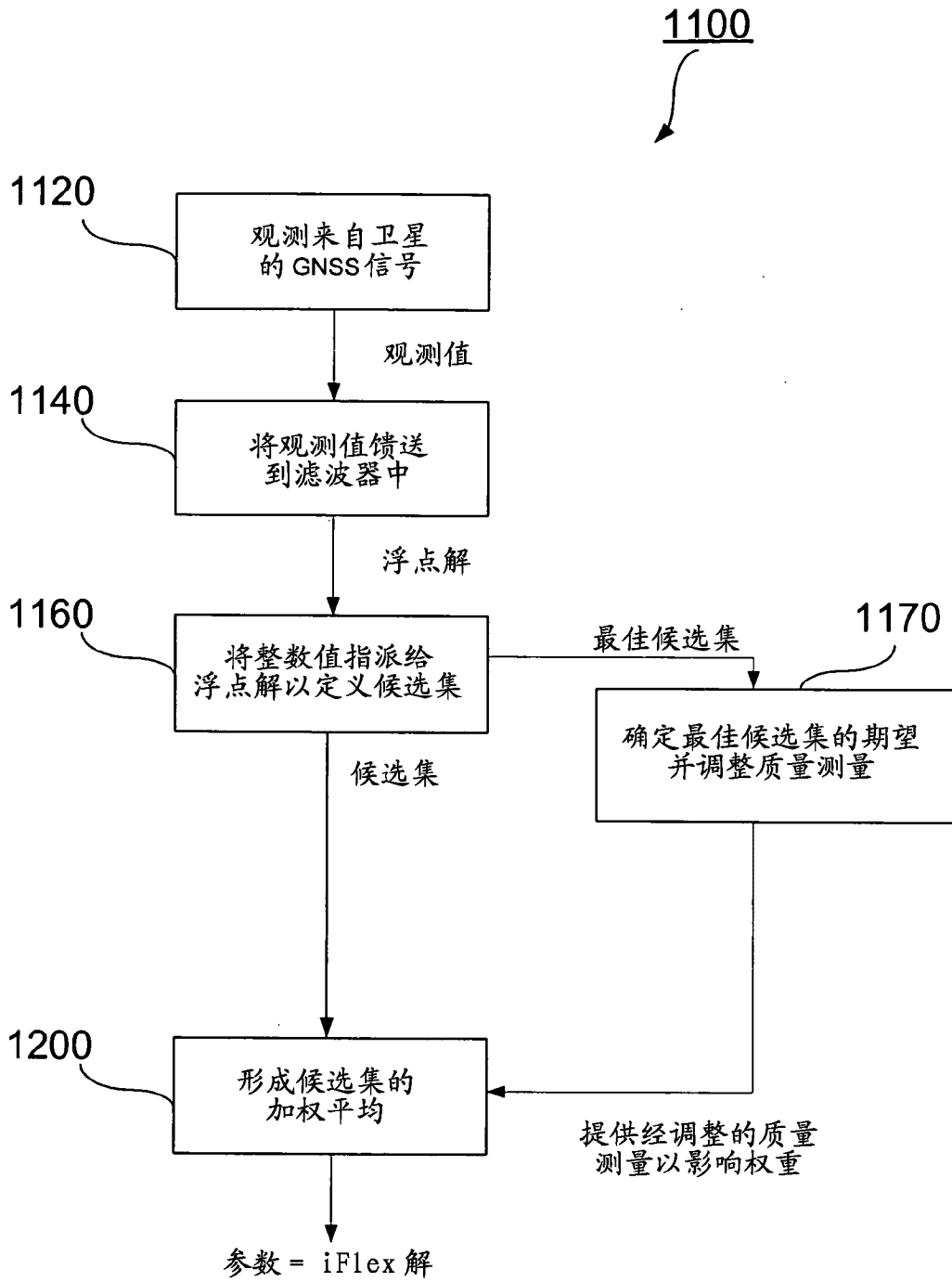


图 11b

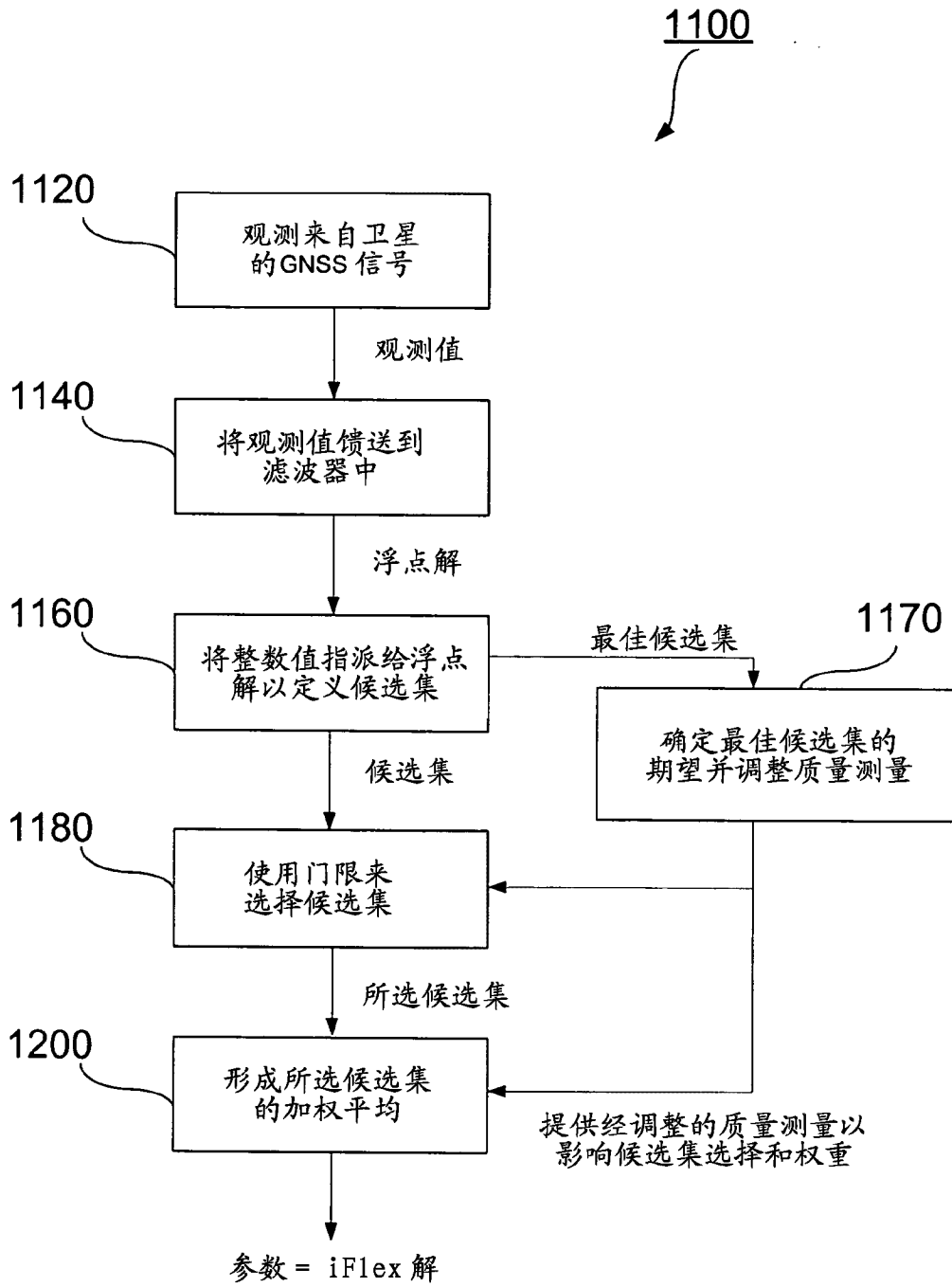


图 11c

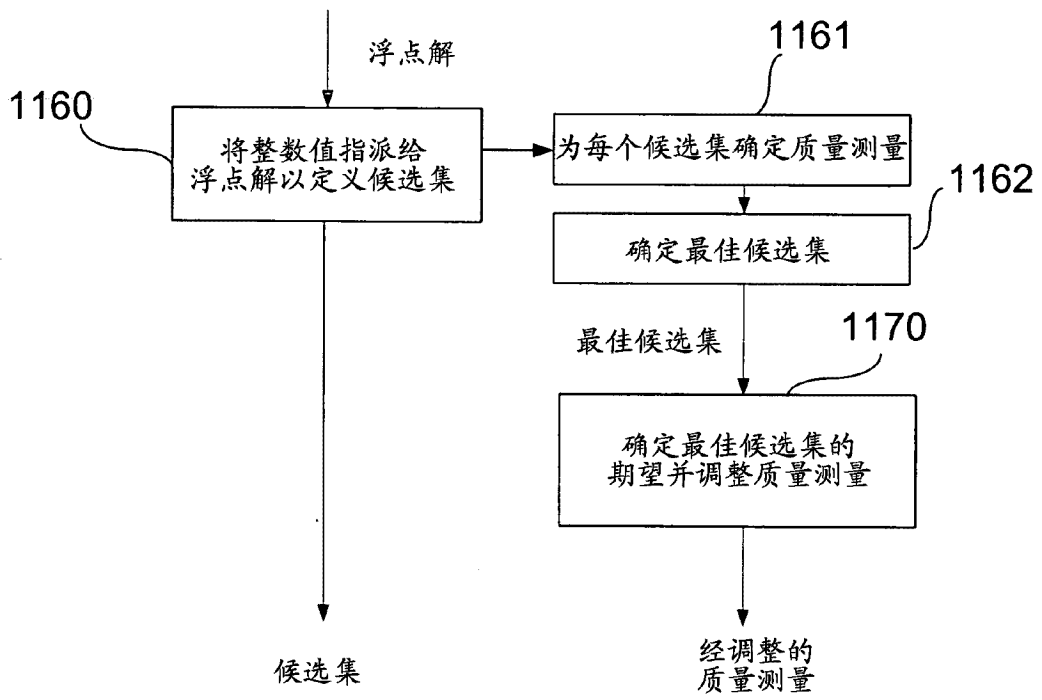


图 12

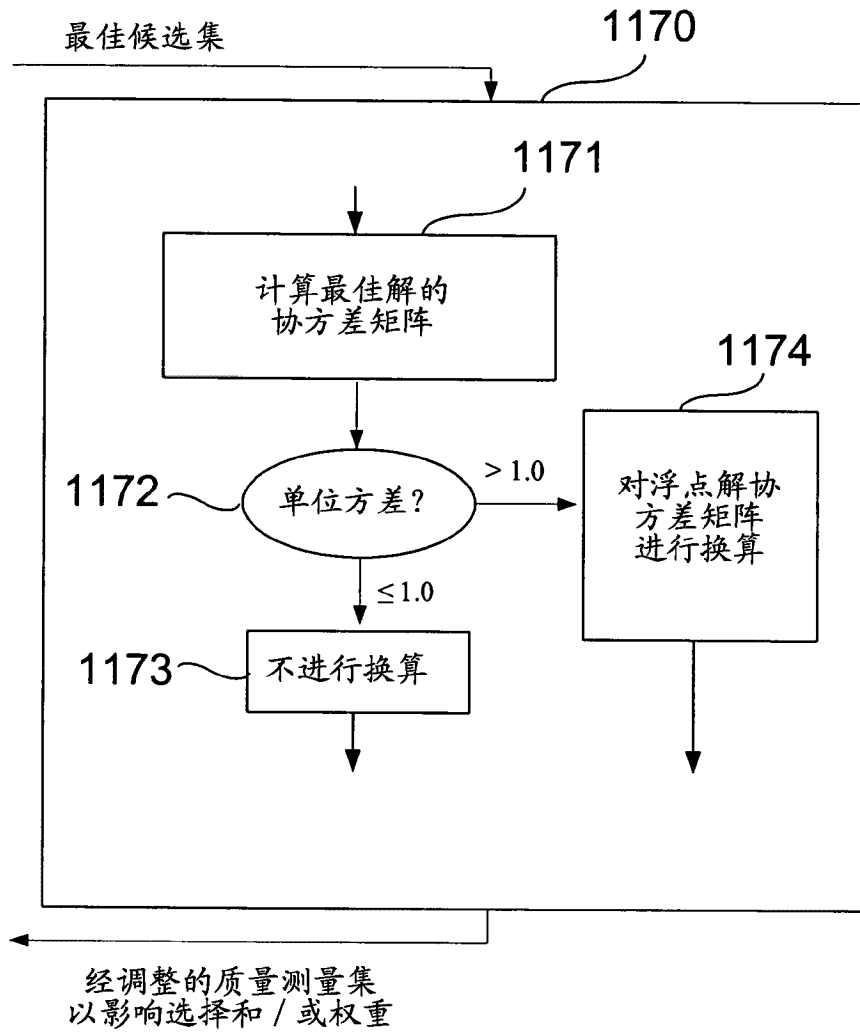


图 13a

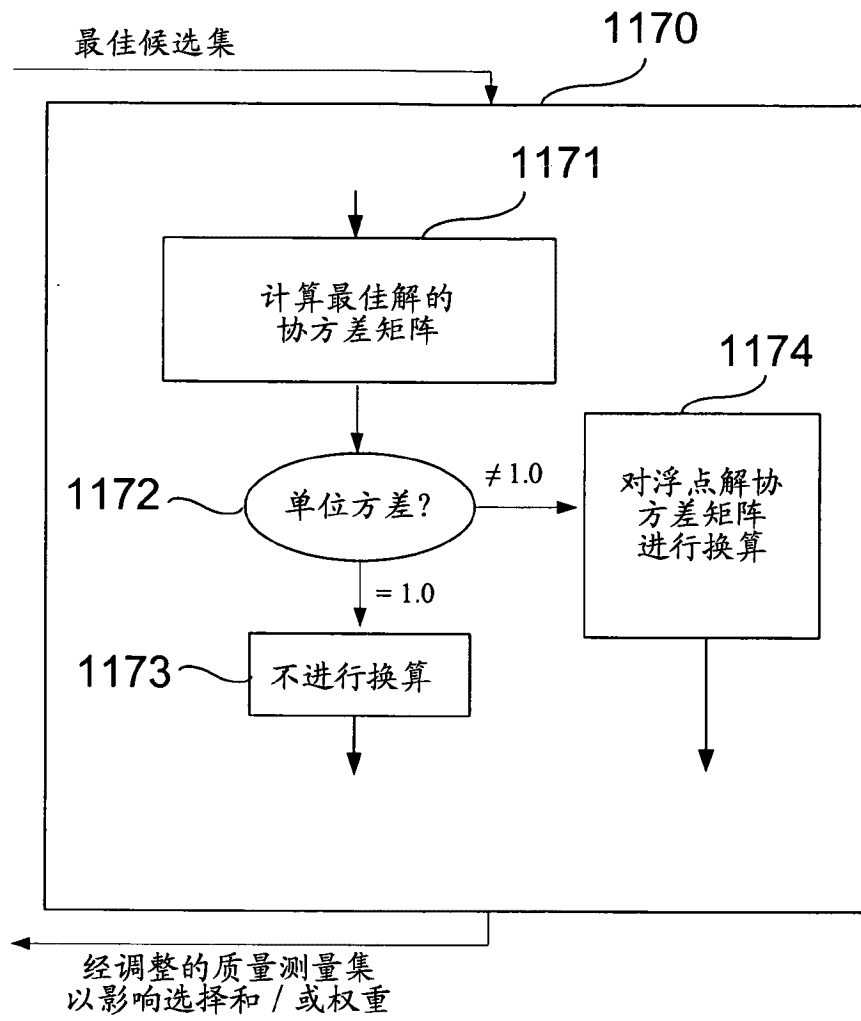


图 13b

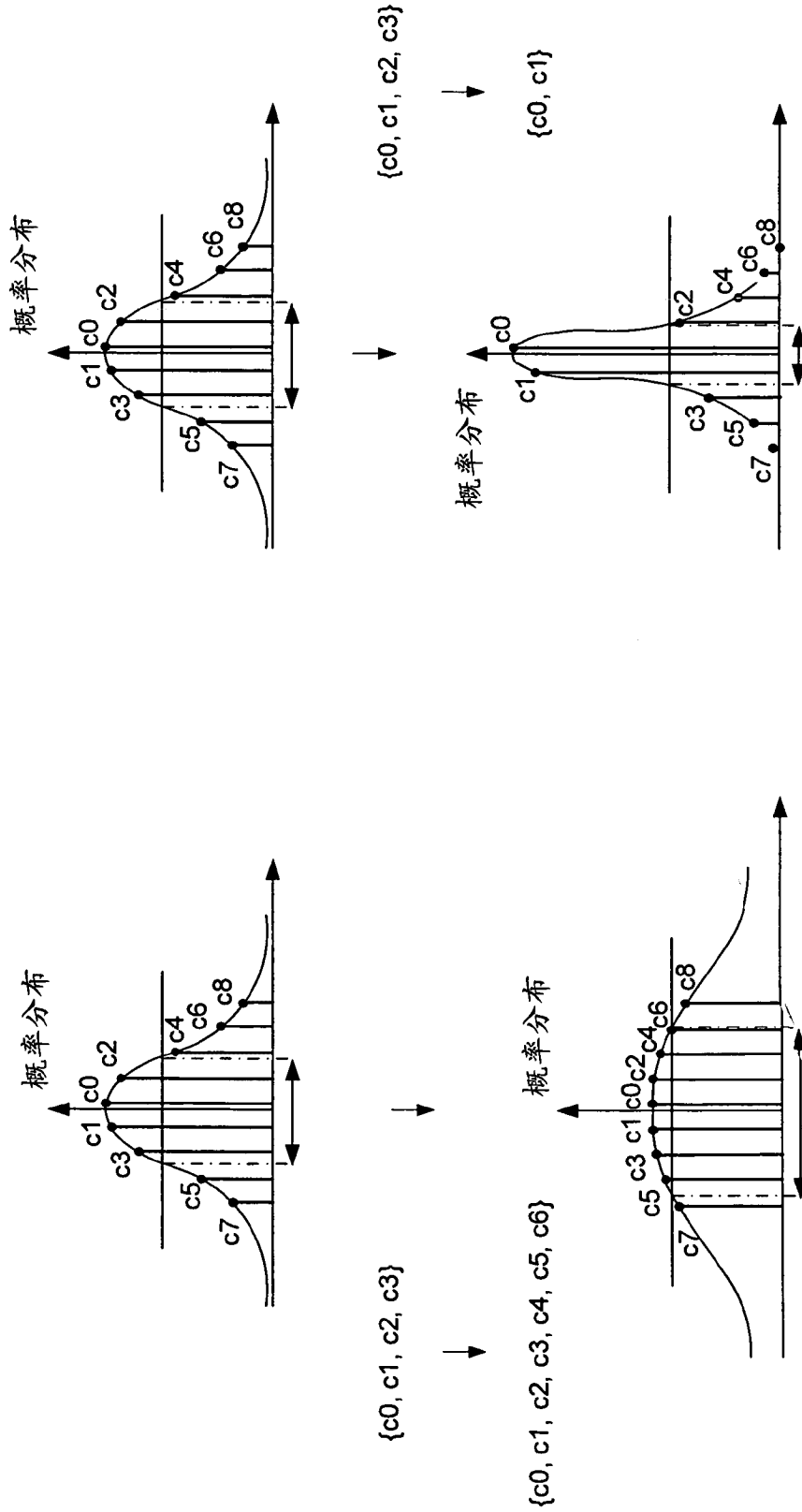


图 14

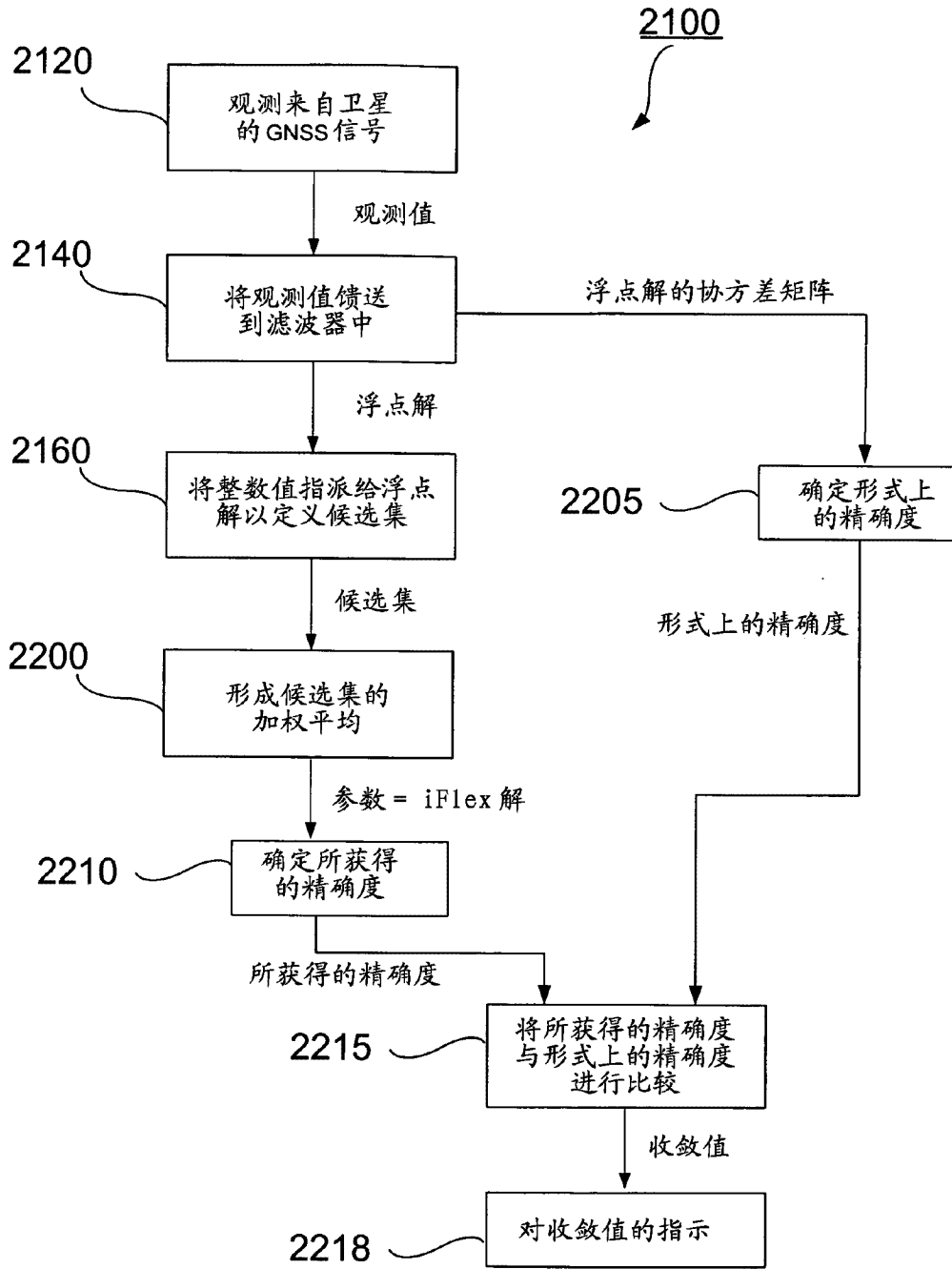


图 15

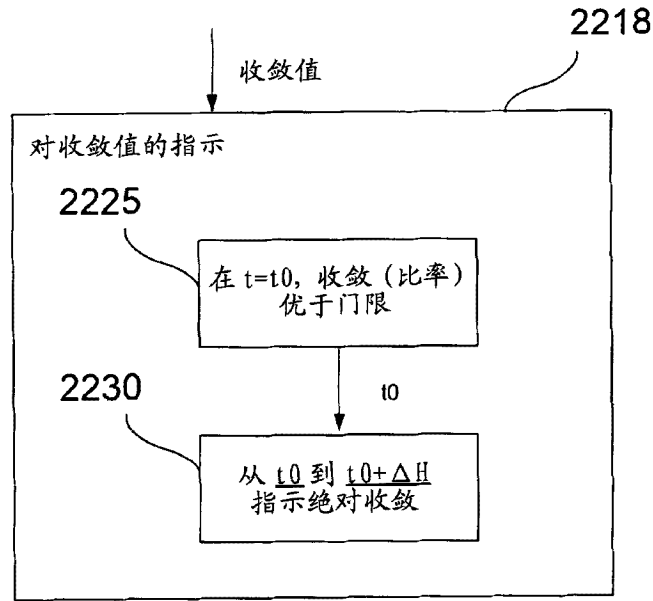


图 16a

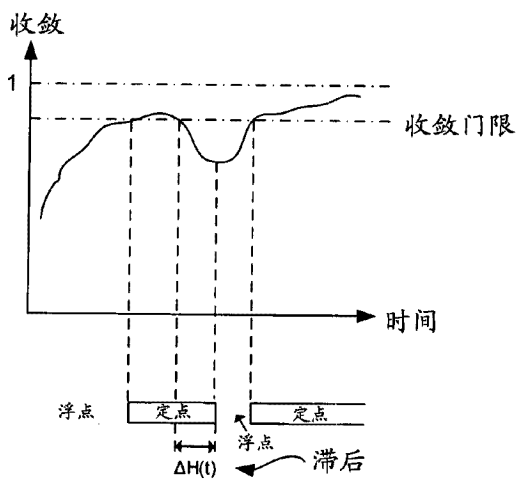


图 16b

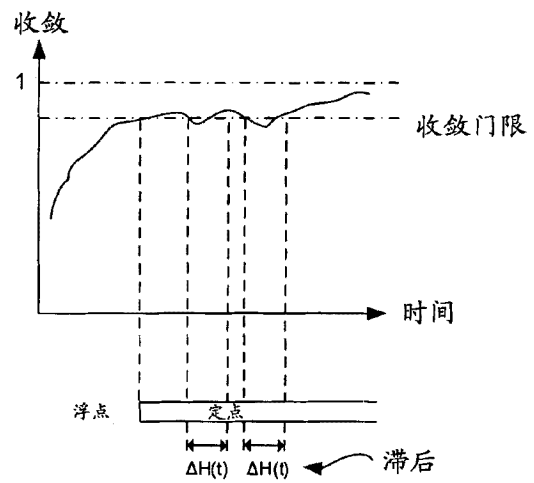


图 16c

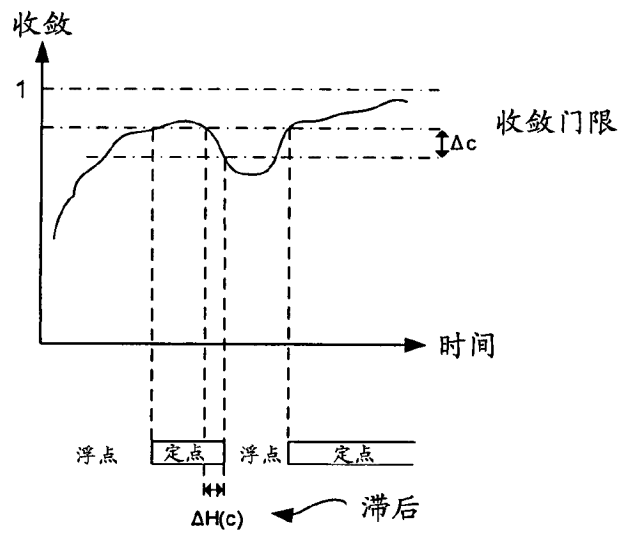


图 16d

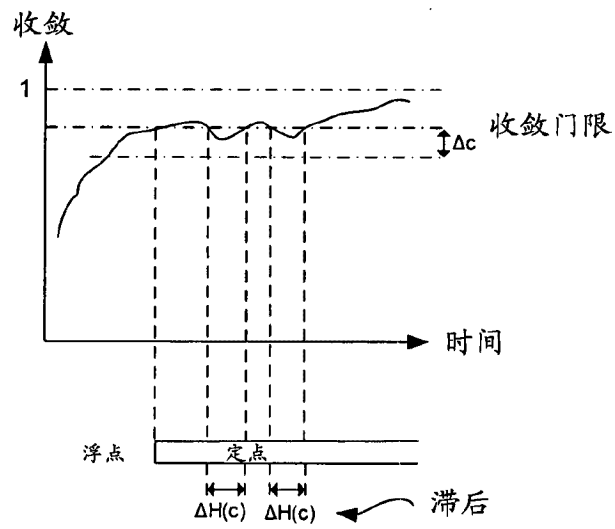


图 16e

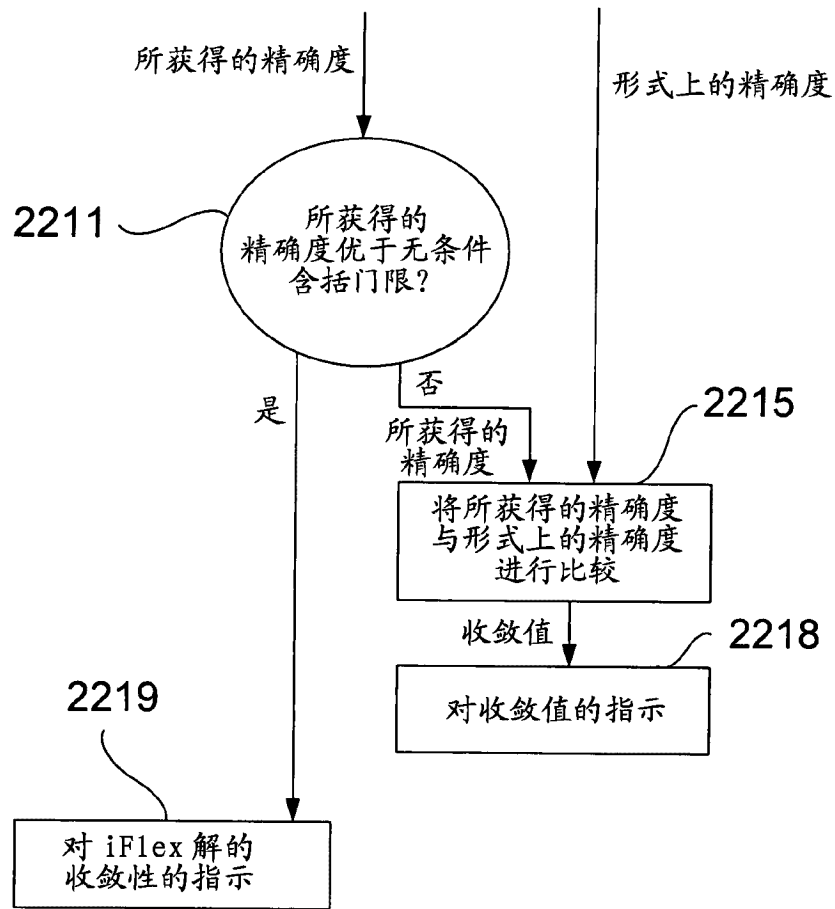


图 17a

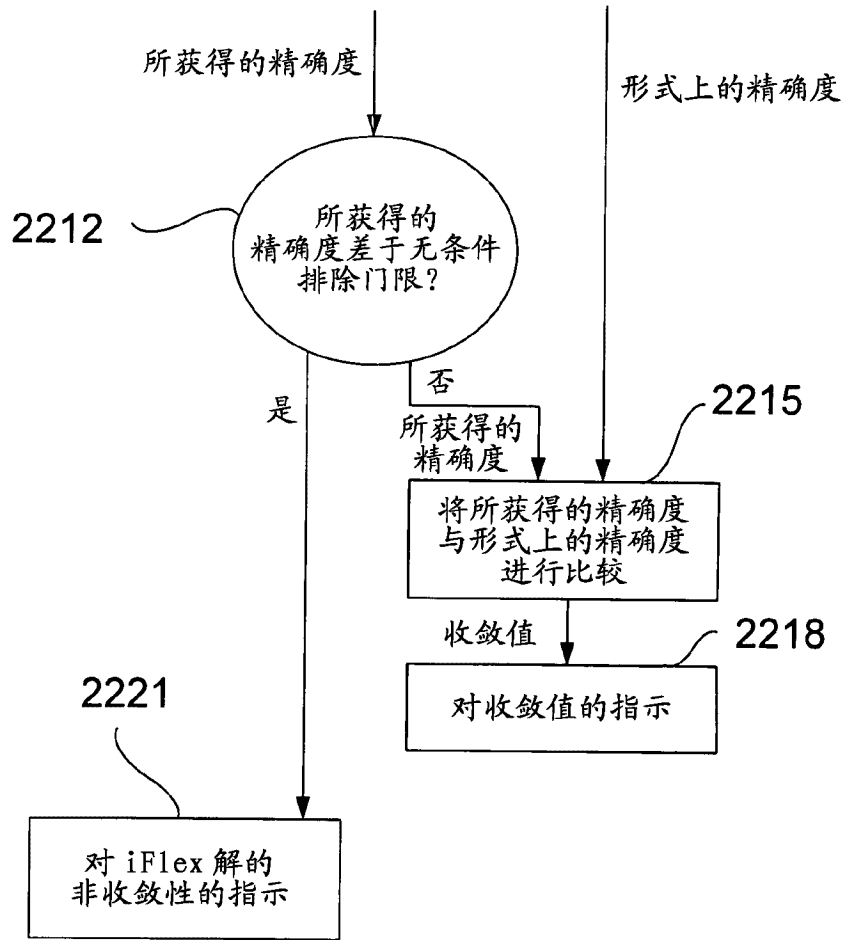


图 17b

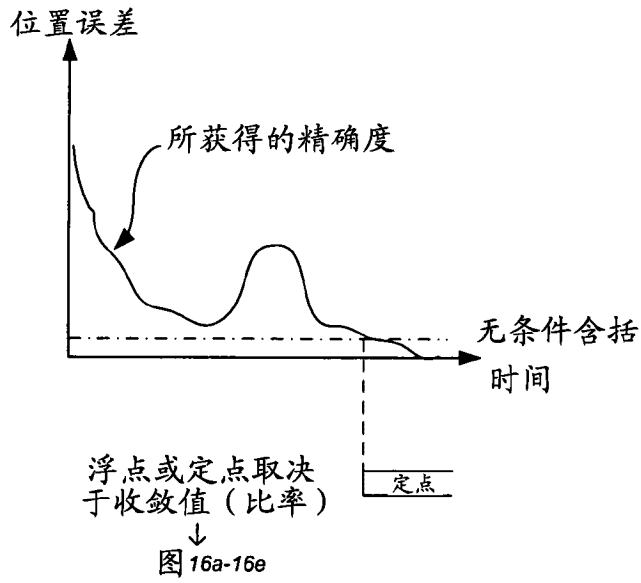


图 18a

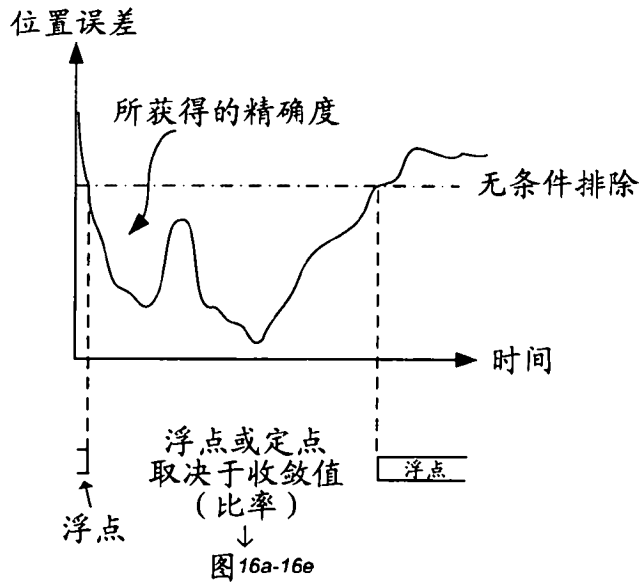


图 18b

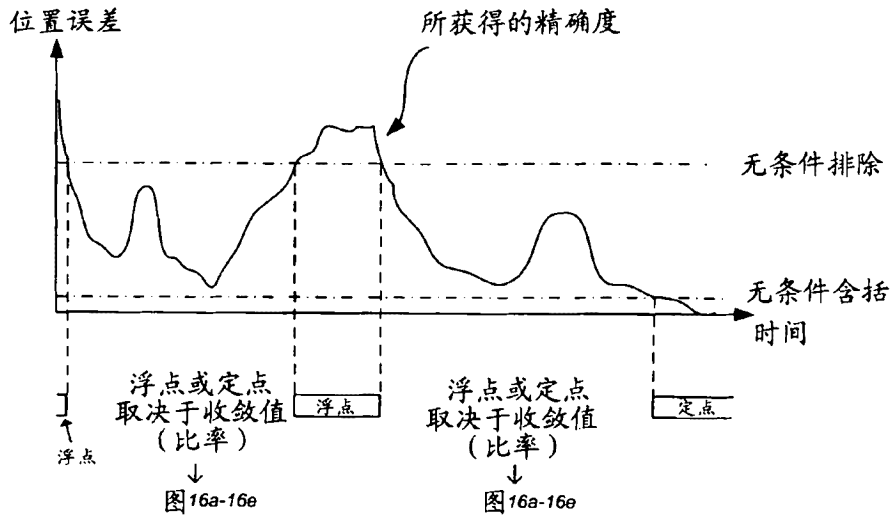


图 18c

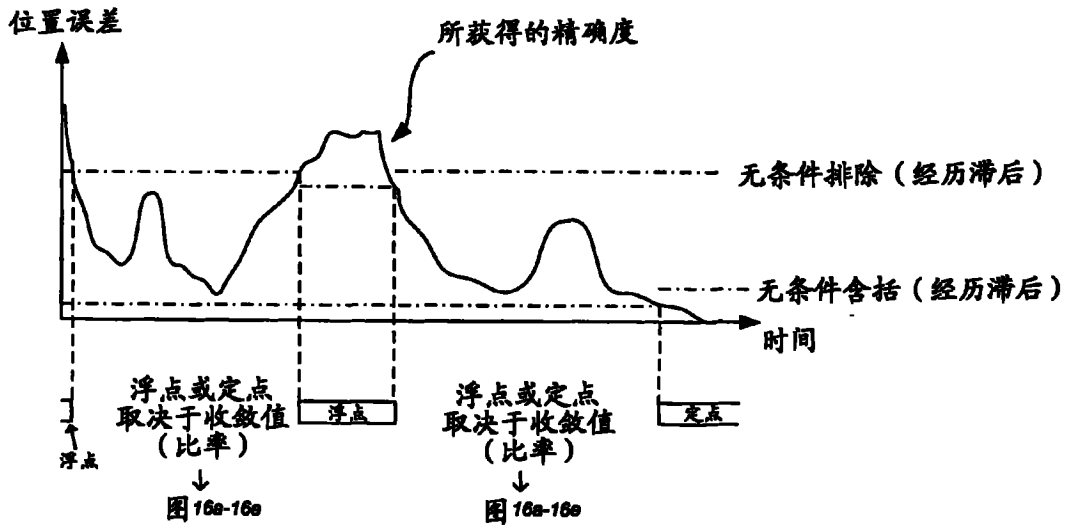


图 18d

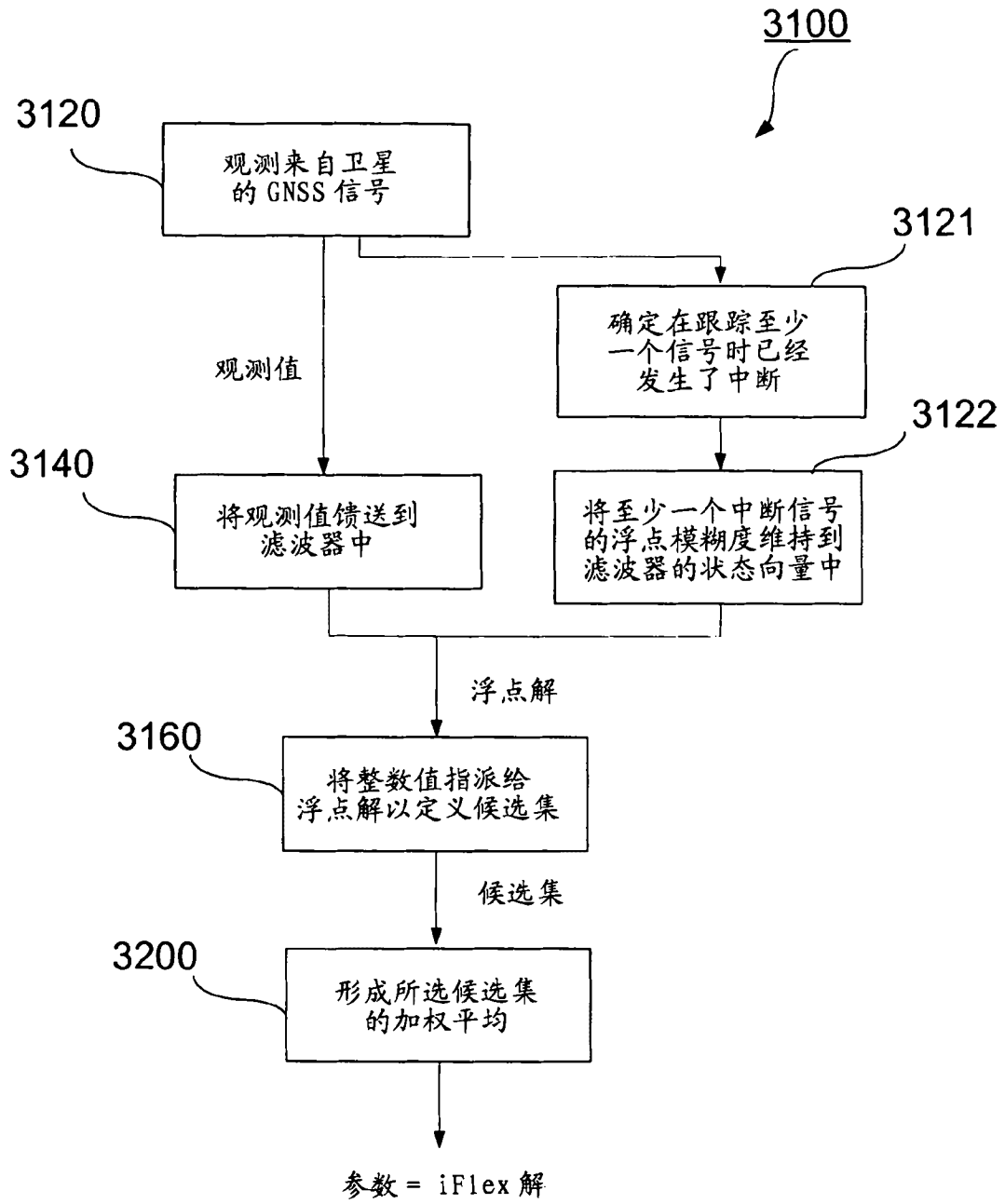


图 19

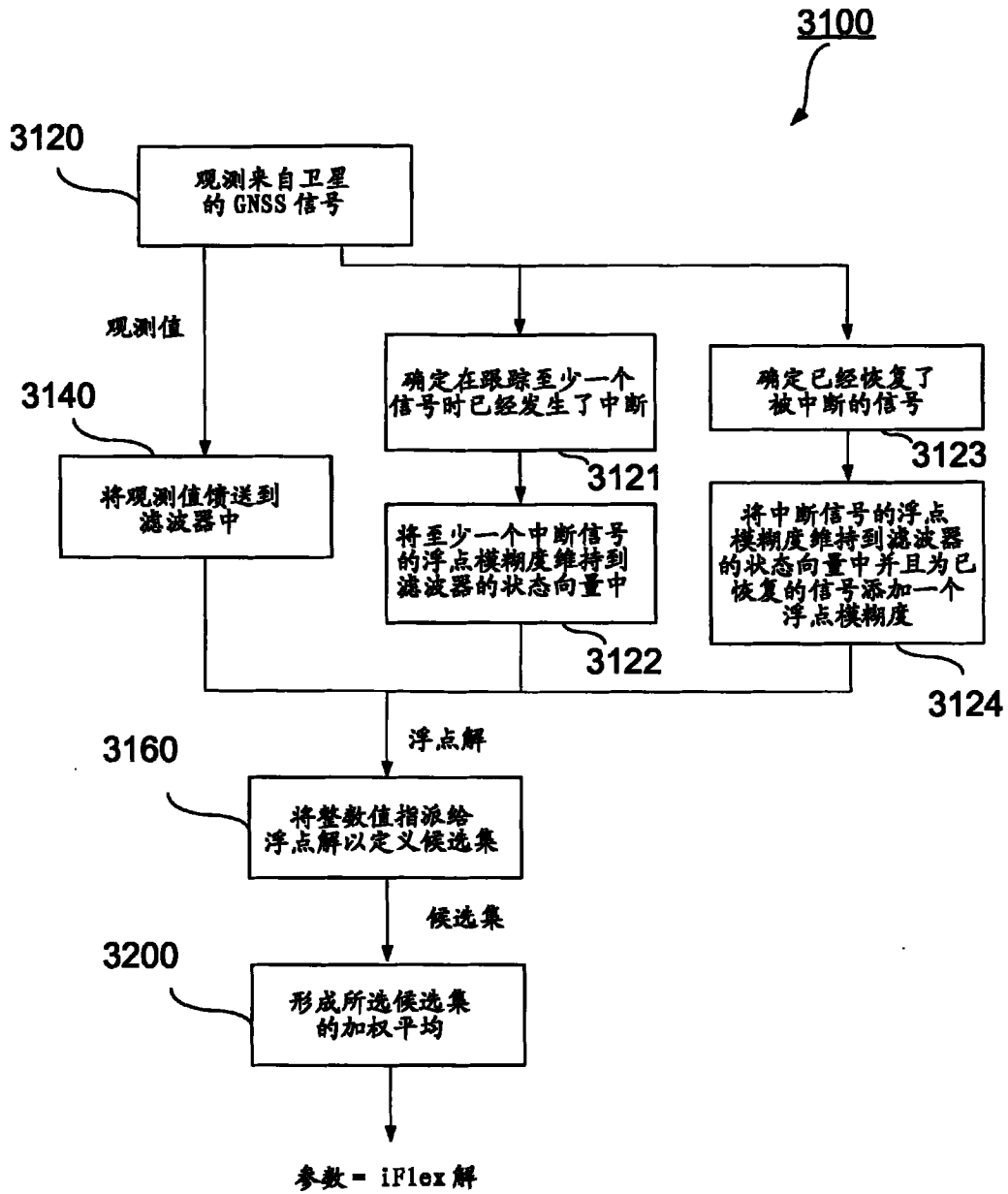


图 20

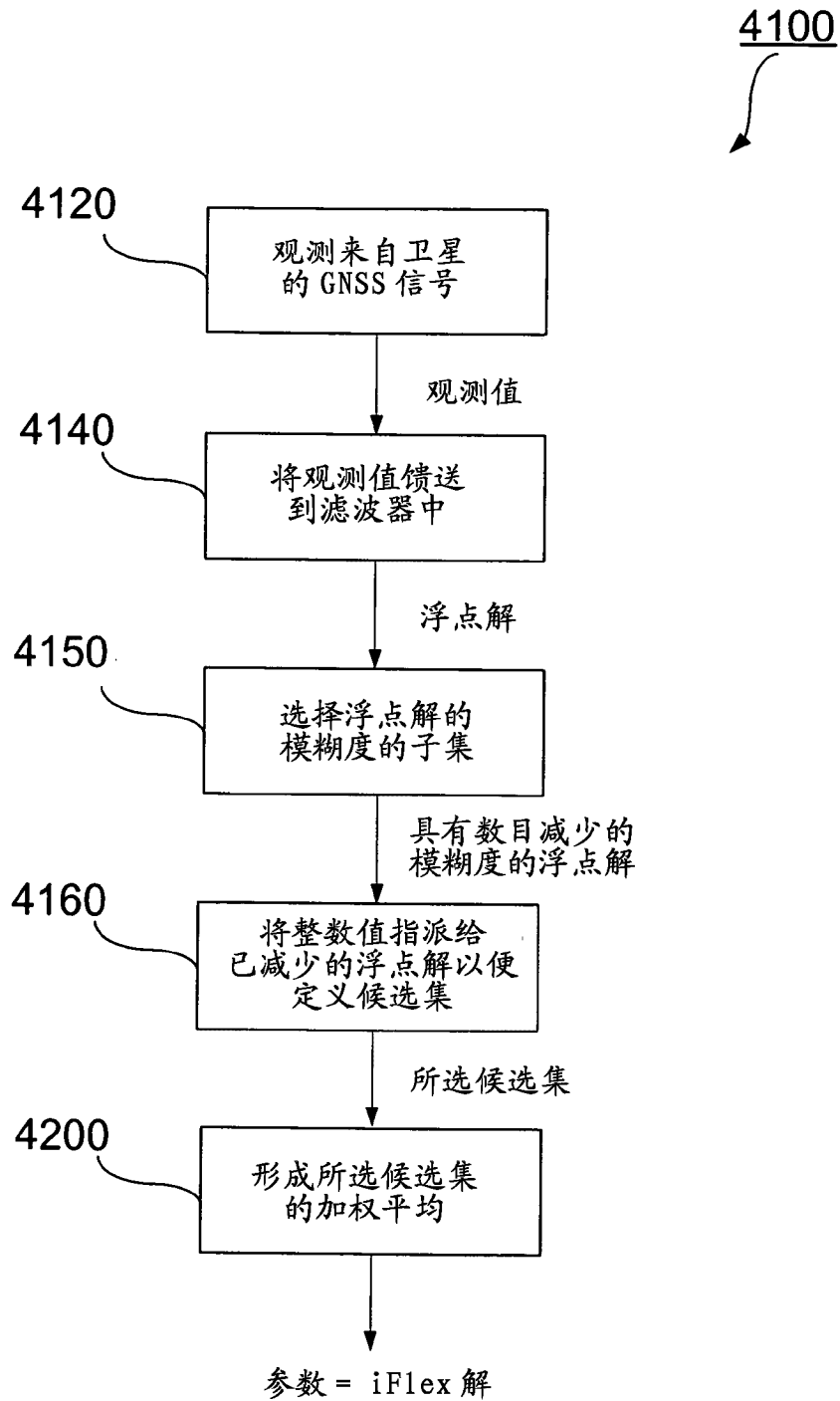


图 21

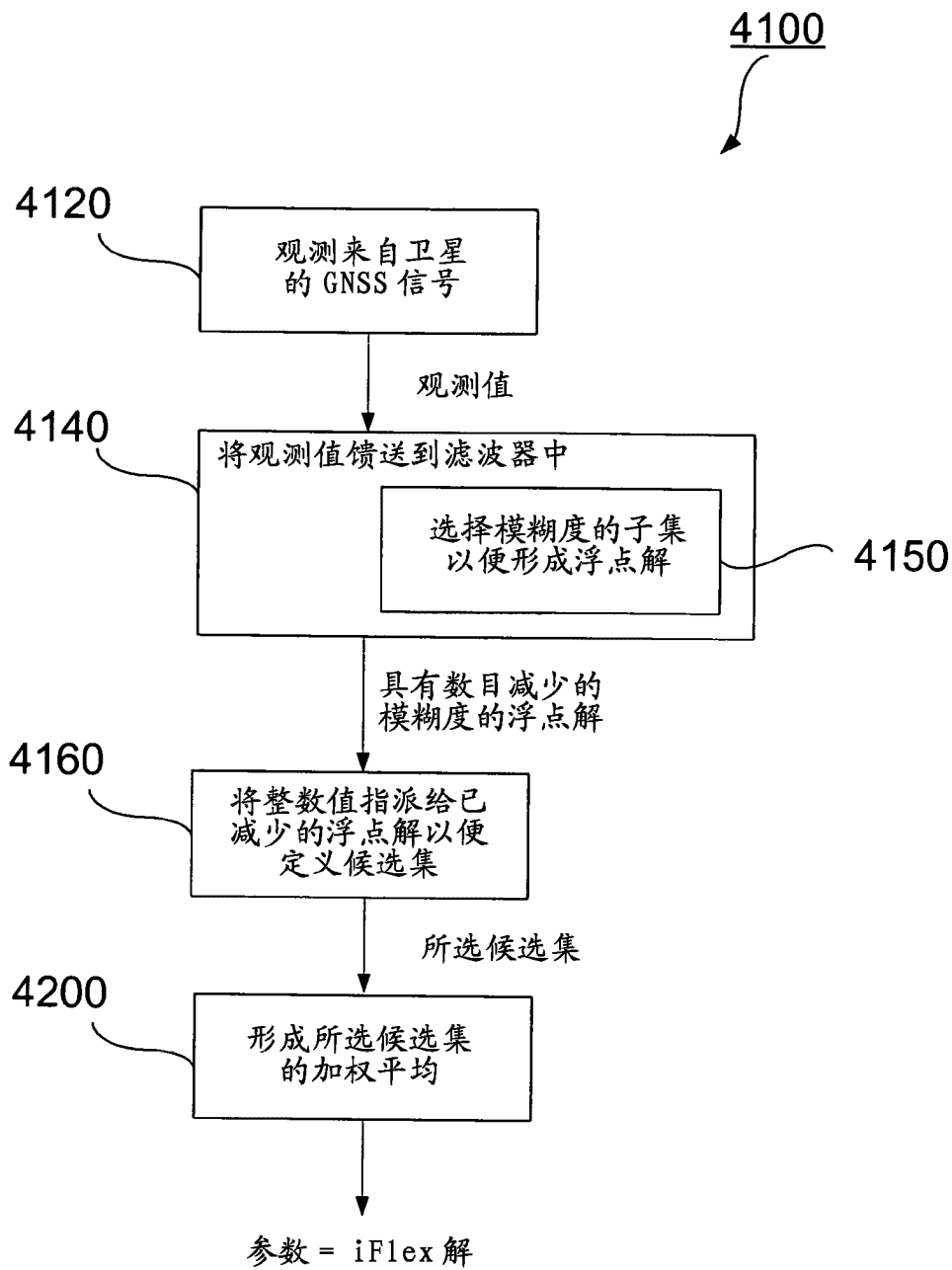


图 22

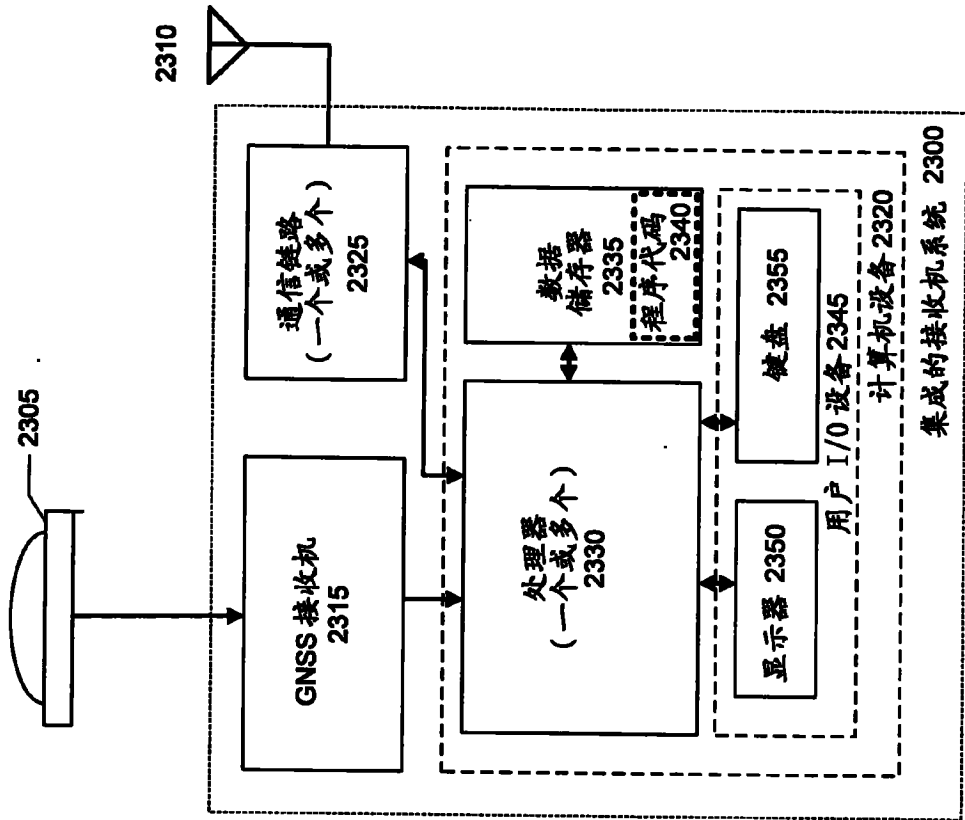


图 23

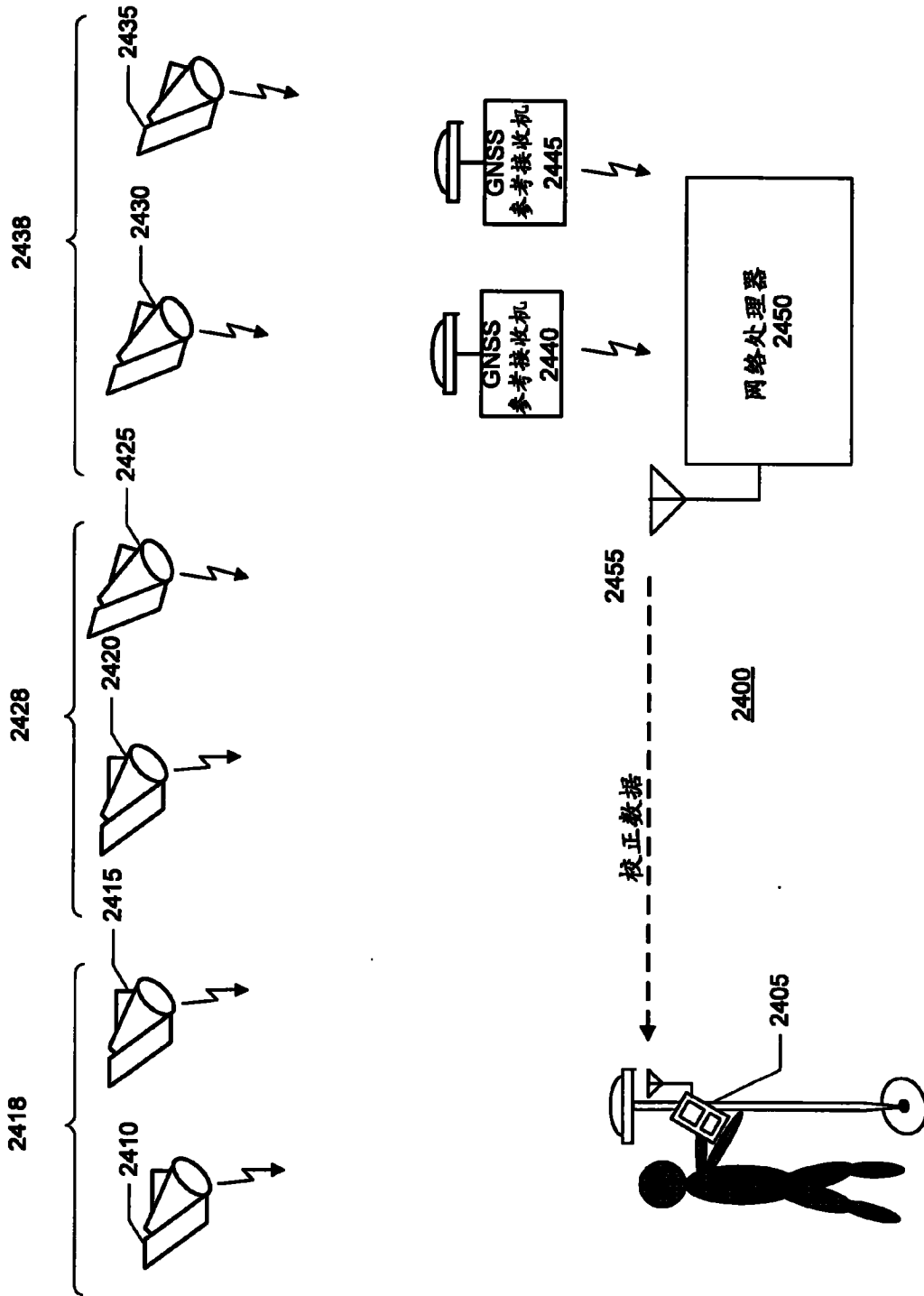


图 24

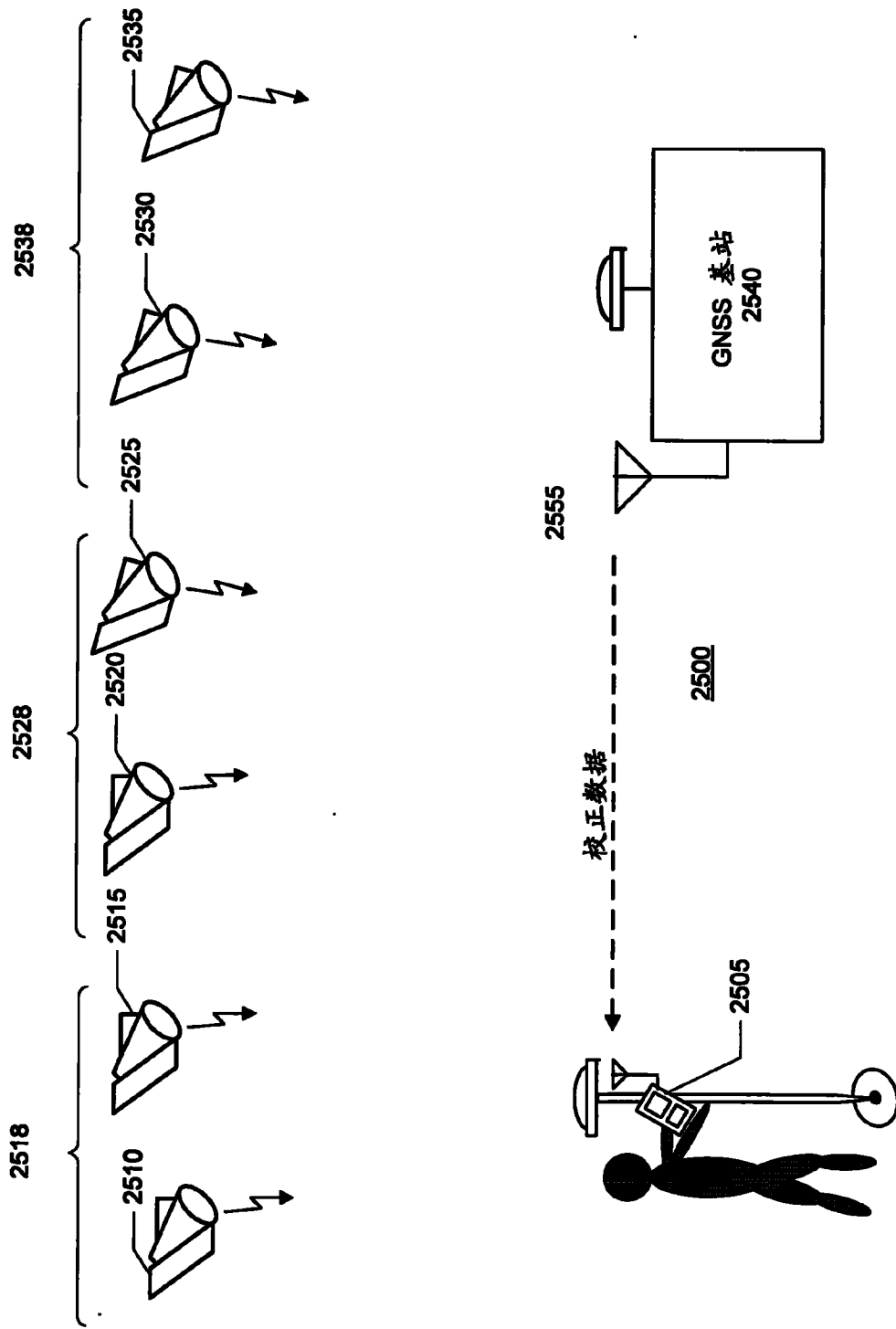


图 25