

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
G01S 5/14 (2006.01)



[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200480010062.5

[43] 公开日 2006 年 5 月 17 日

[11] 公开号 CN 1774645A

[22] 申请日 2004.4.19

[21] 申请号 200480010062.5

[30] 优先权

[32] 2003.4.17 [33] GB [31] 0308894.5

[32] 2003.4.23 [33] GB [31] 0309142.8

[86] 国际申请 PCT/GB2004/001676 2004.4.19

[87] 国际公布 WO2004/095055 英 2004.11.4

[85] 进入国家阶段日期 2005.10.14

[71] 申请人 英国国防部

地址 英国威尔特郡

[72] 发明人 M·D·鲍维 J·布切尔

J·I·R·欧文

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

代理人 杨 凯 王 勇

权利要求书 7 页 说明书 25 页 附图 7 页

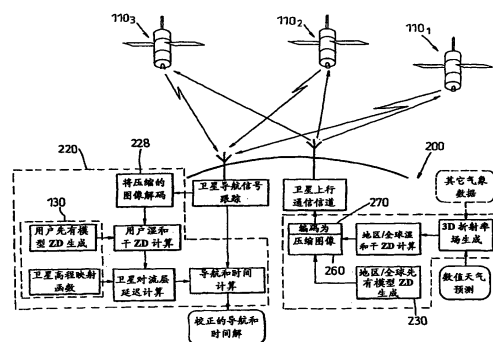
[54] 发明名称

全球定位系统中对流层所引起的错误的校正

[57] 摘要

一种获得供卫星定位系统或 GNSS 使用的数据的方法包括：由服务器(200)使用气象信息和网格点的地区性或全球性三维地图远程从接收机取得数据，它据此通过射线跟踪在从压力、温度和水数据内容的大气测量值获得的折射场计算的对流层延迟；上述测量值可从气象组织获得。用户接收机包括提供天顶延迟的非气象气候基模型(130)和将这些延迟映射到特定倾角的部件(130')；当服务器用于增强由用户接收机确定的位置时，服务器还包括这种非气象模型的一个副本(230)，并将其射线跟踪的延迟值作为天顶延迟提供。对应网格点的天顶延迟值集合在服务器(260)中进行比较，并形成修改值(最好是分数形式)，非气象延迟值需要通过这些修改值使校正达到精确。校正集合通过图像压缩技术(270)简化，并经 GNSS 的卫星(1101 等)以低

数据率传送给用户接收机，该接收机简单地将这些校正值应用于通过其自己的模型导出的天顶延迟。如果用户位置已知，则对于该接收机位置，服务器可直接导出精确的对流层延迟值以直接传送。



1. 一种获得对流层延迟数据以便在卫星定位系统或 GNSS 中使用的方法，所述方法包括：对于某个用户位置，在远离所述用户位置的位置根据气象信息生成适用于所述用户位置的至少一个精确的对流层延迟值，以便作为对流层延迟校正传送给一个所述用户。

2. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于：包括根据本身已知的第一模型生成适用于不同用户地理位置的近似对流层延迟值的第一集合；根据所述气象模型生成精确并适用于所述不同用户地理位置的对流层延迟值的第二集合；形成延迟值修改集合以便与所述第一模型一起使用，以便它可提供基本上与所述第二集合一致的对流层延迟值集合；以及将所述修改集合表示为对流层延迟校正集合以便传送给一个所述用户。

3. 如权利要求 2 所述的方法，其特征在于：所述第一模型基于非气象参数。

4. 如权利要求 3 所述的方法，其特征在于：所述非气象参数至少包括年度时间、纬度和高度之一。

5. 如权利要求 4 所述的方法，其特征在于：所述非气象参数至少包括经度和日時之一。

6. 如权利要求 2 到 5 中任一项所述的方法，其特征在于：所述对流层延迟值集合包括天顶对流层延迟。

7. 如权利要求 6 所述的方法，其特征在于：所述第一模型包含将在给定高程角的对流层延迟与所述天顶对流层延迟相关的映射函数。

8. 如权利要求 7 所述的方法，其特征在于：所述延迟值修改集合包括与所述第一模型的所述映射函数一起使用的修改集合。

9. 如权利要求 2 到 8 中任一项所述的方法，其特征在于：所述修改是可归因于所述第一和气象模型的所述集合的对应值之间的

差。

10. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于：所述校正是所述修改。

11. 如权利要求 9 所述的方法，其特征在于：所述校正是表示
5 为偏离所述第一集合的所述值的分数变化的所述修改。

12. 如权利要求 2 到 11 中任一项所述的方法，其特征在于：所述校正集合作为具有确定用于地球表面各个网格点的值的数据阵列形成，并且所述值集合包括所述修改在至少部分所述地球表面上的分布。

10 13. 如权利要求 12 所述的方法，其特征在于：所述校正集合是作为数字数据文件获得的。

14. 如权利要求 13 所述的方法，其特征在于：所述修改集合是作为值集合获得的，由此适用于所述网格点之间点的修改可根据所述集合值内插或外插。

15 15. 如权利要求 13 或 14 所述的方法，其特征在于包括：将数据简化应用到所述校正集合并导出简化的数据集以便传送给用户。

16. 如权利要求 15 所述的方法，其特征在于包括：通过图像压缩过程减少所述校正集合的数据量。

17. 如权利要求 15 或 16 所述的方法，其特征在于：通过有损
20 数据简化减少所述数据量。

18. 如权利要求 17 所述的方法，其特征在于包括：通过根据 JPEG 2000 或 JPEG 90 标准简化所述校正集合数据文件来实现数据简化。

19. 如权利要求 1 所述的方法，其特征在于包括：为所述推导提供至少所述用户位置和相对于所述用户的卫星位置之一。

25 20. 如权利要求 19 所述的方法，其特征在于：所述推导中，至少所述用户位置和相对于所述用户的卫星位置之一由来自所述用户的通信提供。

21. 如以上任一权利要求所述的方法，其特征在于：所述精确

的对流层延迟值通过射线跟踪技术导出。

22. 如权利要求 21 所述的方法, 其特征在于: 所述精确的对流层延迟值通过三维折射率场生成导出。

23. 如以上任一权利要求所述的方法, 其特征在于: 所述气象
5 模型基于地球某个地区的数值天气预测(NWP)数据。

24. 如权利要求 21 到 23 中任一项所述的方法, 其特征在于:
所述气象信息或每个所述对流层延迟值校正以直接观测的气象数据
扩增。

25. 如权利要求 24 所述的方法, 其特征在于: 所述直接观测的
10 数据具有小于所述 NWP 数据的分辨率。

26. 如权利要求 24 或 25 所述的方法, 其特征在于: 所述直接
观测的气象数据是作为数据集导出的, 所述数据集与对应于至少部
分所述 NWP 数据的地球表面的某个地区相关。

27. 如权利要求 23 到 26 中任一项所述的方法, 其特征在于:
15 所述地区实质上是全球性的。

28. 如权利要求 21 到 27 中任一项所述的方法, 其特征在于包
括: 根据所述气象信息预测将来的对流层延迟值, 并形成所述地球
表面的所述地理地区的所述校正的预测集合, 由此, 所述预测集合
的每个成员描述一个校正, 所述校正作为自形成起的时间的函数而
20 成为当前校正。

29. 如以上任一权利要求所述的方法, 其特征在于: 在通信信
道或数据链路上将所述校正或校正集合传送给远程用户。

30. 一种如从属于权利要求项 28 时的权利要求 29 所述的方法,
包括成批地传送所述预测校正集合并在各成员的预测时间相对于预
25 报成为当前时间时使用所述集合的成员。

31. 如权利要求 29 或 30 所述的方法, 其特征在于包括: 将至
少部分所述校正传送给至少一个轨道卫星, 并从一个所述轨道卫星
将至少部分所述集合转发给用户。

32. 如权利要求 32 所述的方法, 其特征在于包括: 将所述校正传送给至少一个轨道 GNSS 卫星, 用户从所述至少一个轨道 GNSS 卫星接收信号以确定至少位置和时间之一。

5 33. 如权利要求 31 或 32 所述的方法, 其特征在于包括: 向一个所述卫星传送, 以便只转发可能对所述卫星范围内某个地区的用户有用的该部分所述校正数据。

34. 一种如从属于权利要求 30 时的权利要求 31 到 33 中任一项所述的方法, 包括将所述预测校正集合成批地传送给所述至少一个轨道卫星, 并在各成员的预测时间相对于预报成为当前时间时每次
10 一个地转发所述成员。

35. 如权利要求 31 到 34 中任一项所述的方法, 其特征在于包括: 应用满足需要的数据简化, 以允许在由所述卫星的传输可用性和传输率控制的、大大低于确定所述校正所用所述气象信息的有效时间的时间内, 传送用户可用的所有或部分所述校正。

15 36. 如权利要求 35 所述的方法, 其特征在于: 所述数据简化安排用于允许将所述校正传送给用户, 所述校正对应于不大于 1 小时的所述气象模型信息的气象时间分辨率

37. 如权利要求 35 或 36 所述的方法, 其特征在于: 所述数据简化安排用于允许将所述校正传送给用户, 所述校正对应于不大于 50
20 公里的所述气象模型信息的气象空间分辨率。

38. 如权利要求 35 到 37 中任一项所述的方法, 其特征在于: 所述数据简化安排用于允许校正数据以在每秒 25 到 500 比特范围内的数据率传送给用户。

39. 如权利要求 38 所述的方法, 其特征在于: 所述数据简化安排用于允许每秒 200 到 250 比特范围内的校正数据传输。
25

40. 一种在 GNSS 接收机中校正对流层延迟错误的方法, 所述接收机具有从非气象参数导出模型化对流层延迟值的部件; 所述方法包括: 通过在远离所述接收机处使用对应于所述接收机中模型的

第一模型，根据权利要求 2 到 18 中任一项或从属于其的权利要求 21 到 39 中任一项获得作为校正集合的数据；发送所述对流层延迟值校正集合；在所述 GNSS 接收机中接收所述校正；以及根据所述接收的校正来修改通过使用所述接收机建模部件获得的对流层延迟值。

5 41. 如权利要求 40 所述的方法，其特征在于包括：根据所述非气象参数和所述模型，在所述接收机内确定对流层延迟值的近似值，并由此确定所述接收机相对于地球表面的近似位置；以及从与所述地区相关、包括所述近似位置的所述传送的校正集合中导出对流层延迟值修改。

10 42. 一种确定 GNSS 用户接收机位置的方法，所述接收机具有从非气象参数导出模型化对流层延迟值的部件；所述方法包括：在所述接收机内从所述非气象参数确定对流层延迟的近似值，并由此确定所述接收机相对于地球表面的近似位置；根据权利要求 40 导出经过修改的对流层延迟值，并由此确定更精确的接收机位置。

15 43. 一种减少具有用户接收机的 GNSS 中对流层延迟错误的方法，所述接收机包括用于根据非气象模型导出对流层延迟值的部件；所述方法包括：在远离所述接收机处，根据可比的非气象模型和气象模型导出应用于地球表面不同位置的根据所述第一模型导出的值的校正集合；传送所述延迟校正集合到轨道卫星；以及从所述卫星
20 将所述校正转发到一个所述用户接收机。

44. 一种将对流层延迟值提供给已知位置处接收机的方法，包括：在远离所述接收机的服务器位置，使用与所述用户接收机位置相关的信息和气象信息导出至少一个适用于所述接收机位置的对流层延迟值，并将每个所述值传送给所述用户接收机。

25 45. 用于获得供卫星定位系统或 GNSS 使用的数据的设备；所述设备包括：用于在远离所述用户的服务器位置根据气象信息生成适用于所述用户位置的至少一个精确的对流层延迟值的生成部件；以及用于将一个所述值的至少一个函数值作为对流层延迟校正传送

给所述用户的部件。

46. 如权利要求 45 所述的设备, 其特征在于: 所述气象信息用于导出适用于多个用户位置的对流层延迟值集合。

47. 如权利要求 46 所述的设备, 其特征在于包括: 第一生成部件, 根据本身已知的第一模型生成可应用的近似对流层延迟值的第一集合; 第二生成部件, 基于气象信息从气象模型生成更精确对流层延迟值的第二集合; 以及形成部件, 用于从所述第一和第二延迟集合形成对流层延迟值修改集合以便与所述第一模型一起使用, 以便它可提供基本上与所述第二集合一致的对流层延迟值集合, 并且
5 所述形成部件安排用于将所述修改表示为对流层延迟校正集合。
10

48. 如权利要求 47 所述的设备, 其特征在于: 所述第一生成部件利用基于非气象参数的所述第一模型。

49. 如权利要求 47 或 48 所述的设备, 其特征在于: 所述形成部件安排用于将所述校正集合中的每个校正表示为所述第一与第二集合的对应值之间的差。
15

50. 如权利要求 47 或 48 所述的设备, 其特征在于: 所述形成部件安排用于将所述校正表示为偏离待校正的所述值的分数变化。

51. 如权利要求 47 到 50 中任一项所述的设备, 其特征在于: 所述形成部件安排用于将所述校正表示为在地球表面某个地区上的分布。
20

52. 如权利要求 51 所述的设备, 其特征在于: 所述地区指全球。

53. 如权利要求 51 或 52 所述的设备, 其特征在于: 所述形成部件安排用于以多比特字灰度级图像数据文件的形式表示所述校正, 每个字表示所述地区的一个位置。

54. 如权利要求 47 到 53 中任一项所述的设备, 其特征在于包括压缩所述校正集合的部件。
25

55. 如权利要求 54 所述的设备, 其特征在于: 压缩所述校正集合的所述部件包括对所述集合实施有损压缩的部件。

56. 如权利要求 47 到 55 中任一项所述的设备，其特征在于包括：用于将所述校正集合经轨道卫星传送给用户的传输部件。

57. 如权利要求 56 所述的设备，其特征在于：适用于将校正传送给轨道卫星，以便从该卫星转发给所述用户，并且只传送适用于
5 卫星所服务地区中用户的校正。

58. 如权利要求 45 或 46 所述的设备，其特征在于：所述设备适用于从所述用户接收定义相对于所述服务器或相对于所述 GNSS 卫星的至少一个所述用户位置的信息。

59. GNSS 用户接收机，它包括：可用于根据机载模型从非气象
10 数据生成适用于从多个所述卫星收到的标识信号的近似对流层延迟值集合，并且计算所述接收机相对于地球表面的近似位置或时间的部件；可用于接收针对可从所述模型导出的所述对流层延迟值的校正集合的部件，所述校正是从气象数据导出的；根据所述校正对所
15 述导出的延迟值实施修改的部件；以及以更高精度计算所述位置或时间的部件。

60. 如权利要求 59 所述的 GNSS 用户接收机，其特征在于：用于对所述延迟值实施修改的所述部件可用于根据所述用户的计算位置实现所述校正的内插或外插，所述计算位置相对于已导出校正值的位置，。

20 61. 一种 GNSS，其包括多个轨道卫星、如权利要求 37 到 57 中任一项所述的设备和如权利要求 59 所述的用户接收机。

62. 一种 GNSS，其包括多个轨道卫星、如权利要求 45 或 58 中任一项所述的设备和相对于所述设备已知位置上的用户接收机。

全球定位系统中对流层所引起的错误的校正

5 本发明涉及旨在提高可从全球导航卫星系统（GNSS）获得的精度的开发。

 目前存在两种公开可用的 GPS 系统，即美国拥有的 NAVSTAR 和由俄罗斯联邦拥有的 GLONASS。它们已存在大约二十年，但在不远的将来，希望欧洲地区增加的 GPS 装置将开始提供服务，
10 在几年内继之以名为“伽利略”的欧洲系统。

 现有系统已经逐步得到优化，以至于通过使用相差实施方案，在 1000 公里的基线上可能实现小于 2 厘米的位置精度，但付出的代价是确定位置所需的大量计算和时间。实时或近实时测量具有相应较低的分辨率，并且目前的高精度需求意味着有必要采用额外的
15 增加内容以便补充 GNSS 信息。此外，这些增加装置可包括接收机，接收机接收来自许多卫星（直到其可见的所有那些卫星）的测量结果，由此计算过确定位置解并拒绝不一致的数据以提高位置解的精度。此类系统可使用来自 GNSS 卫星、GPS 和 GLONASS 的不止一个星座的数据。

20 虽然 GNSS 主要用于确定具有适合且通常是移动的接收机的用户的位置，但它也用于向其位置已知或无需知道的用户提供精确的时间信号。单一用户位置确定装置具有简单的卫星传输接收机和电路，所述电路可将影响信号接收的至少一些大气效应建模以便对消除计算位置中的错误起一定作用。

25 然而，无论用户是对获取位置测量值感兴趣还是对获取时间测量值感兴趣，均会因不能精确地对大气层即电离层和对流层对 GNSS 信号造成的延迟建模而导致相当大的错误。

 卫星导航用户通过处理到 4 个或更多卫星的 4 个或更多伪距测

量值而生成其三维位置和时间解。伪距测量值是信号广播的卫星时钟时间与接收时的用户接收机时钟时间之差。伪距观测因此涉及卫星与用户之间的无线电传播时间和因此的范围。在卫星位置的估计值已知（它们由卫星广播）时，用户可使用 4 个或更多个伪距观测值来求解 4 个未知量（三维位置和时间）。作为用户的导航/时间解滤波器的一部分，针对无线电传播时间与自由空间传播的无线电传播时间的差异来校正伪距观测结果。

在用户的导航/时间解滤波器中，将若干校正应用到原伪距测量结果上，包括对流层的、电离层的和相对论的校正。

10 在 WO-A1-03/069366 中建议如何适应电离层延迟，并且通过使用所谓的服务器站点，接收 GNSS 卫星信号，导出适用于附近 GPS 接收机的校正系数后在本地广播它们以便由此类 GPS 接收机接收，并用于修改用于校正此类延迟的板载模型。对于包括小程度的信号路径折射和相当大的信号速率变化的电离层延迟，延迟和校正因此在一段时期内大致恒定，以致于每天最多只需要更新几次校正数据。

另一方面，对流层效应变化相对快（或短暂）并且在地理上受到局限，主要是因天气和气象现象而非气候现象所致。然而，对流层由于对通过其中传播的信号造成影响而构成所识别的最大错误源之一。对流层引入了射线弯曲，并因此延长了信号路径，造成了受若干气象因素，尤其是含水量影响的信号延迟。对流层延迟难以简单地模型化。

20 传统上，为处理对流层延迟，采用了全球对流层延迟模型，该模型使用相对不变且可以存储在用户接收机中的所谓气候参数进行工作，但这些参数最多构成平均或季节性期望值，而不构成基于气象条件，即基于当前、最近或预测天气条件的期望值。

在用并可内置到便携式 GPS 接收机中的一个此类模型是用于 WAAS 用户的 RTCA 对流层天顶延迟模型，这在“用于全球定位

系统/广域扩大系统机载设备的最低操作性能标准”（“Minimum Operation Performance Standards for Global Positioning Systems/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment” RTCA DO229C, November 2001）中描述。

- 5 这种模型在将对流层延迟简化为天顶值（在本文中标识为 D^z 或 ZTD）范围内有用，但仍需要将对应于低卫星倾角引起的高程效应的这些值映射给用户。Niell 在“无线电波长中大气层延迟的全球映射函数”（“Global mapping functions for the atmosphere delay at radio wavelengths” Journal of Geophysical Research Vol 101, No B2, 10 Pages 3227-3246, February 1996）中描述了一个此类映射模型。

然而，虽然这些模型允许并入用户接收机，但在适应影响由不断变化和局部天气引起的信号延迟的对流层条件变化的能力方面，它们仍然有固有的局限性。

- 15 虽然模型可通过诸如数值天气预测（NWP）等考虑一个或多个地区的气象条件而导出精确的对流层数据，但局部的性质和由此生成的大量数据已让人认识到目前无法将它们用于在可行装置上实现明显的改进；换言之，这是由于此数据太大而无法通过可用的通信系统发送给移动用户以及在合理时间内进行处理的能力有限。

- 20 本发明提供了一种获得对流层延迟数据以便在卫星定位系统或 GNSS 中使用的方法，所述方法包括：对于某个用户位置，在远离所述用户位置的位置根据气象信息生成适用于所述用户位置的至少一个精确的对流层延迟值，以便作为对流层延迟校正传送给一个所述用户。

- 25 所述精确的对流层延迟值最好通过射线跟踪技术来导出。精确的对流层延迟值可通过三维折射率场生成而导出。此外，所述气象信息最好基于数值天气预测（NWP）数据。气象模型或由此获得的每个所述对流层延迟值校正可以直接观测的气象数据扩增。

在适用于未准确知道其位置的用户的本发明的实施例中，本发

明可包括：根据本身已知的第一模型生成适用于不同用户地理位置的近似对流层延迟值的第一集合；根据采用诸如气象信息的气象模型生成精确并适用于所述不同用户地理位置的对流层延迟值的第二集合；形成延迟值修改集合以便与所述第一模型一起使用，以便它
5 可提供基本上与所述第二集合一致的对流层延迟值集合；以及将所述修改集合表示为对流层延迟校正集合以便传送给一个所述用户。

第一模型基于非气象参数，所述参数至少包括年度时间、纬度和高度之一。非气象参数还可至少包括经度和日时之一。

在此实施例的方法中，所述第一和气象模型形成了包括天顶对流层延迟的对流层延迟值集合。所述第一模型可包含将在给定高程角
10 的对流层延迟与所述天顶对流层延迟相关的映射函数，并且所述延迟值修改集合可包括与所述第一模型的所述映射函数一起使用的修改集合。

对所述延迟值的修改最好是可归因于所述第一和气象模型的集合的对应值之间的差。要传送的校正本身可以是修改，或最好是表示为偏离所述第一集合值的分数变化的修改，例如，表示为百分数。
15

因此，校正可实现为与通过使用所述第一模型生成的任意值的相加或相乘。

精确的对流层延迟值可通过射线跟踪技术来导出，以确定卫星
20 信号通过对流层到用户的路径并因此估计直接路径的延迟，并可能采用三维折射率场生成。

在还依赖于受对流层延迟影响的路径的这种第一模型中，有可能实现对映射函数的可比较正。

气象模型可基于地球上某个地区的数值天气预测（NWP）数据或实时气象数据或两者。具体而言，气象模型或每个所述对流层
25 延迟值校正可以直接观测的气象数据，如来自一些成像卫星的二维形式的可用数据扩增。

获得了其数据值的地区可实际指全球，或可以是如 NWP 方案

中定义为中等规模地图的更小地区。

在这两种情况下，对于一个地区上位置网格中的每个网格位置，有可能将对流层延迟值集合生成为定义地理点的二维阵列，每个地理点上为一个延迟值。因此，有可能根据气象模型和非气象模型创建天顶对流层延迟值修改和一个数据阵列形式的校正集合，所述数据阵列具有对于地球表面上各个网格点确定的值，并且该值集合包括所述修改在至少部分所述地球表面上的分布。

在虑及延迟值和校正的性质后，可对校正集合应用数据简化，从而导出简化的数据集以便传送给用户。

在校正集合本身产生类似于灰度级图像数据文件的数据文件的情况下，数据集数据量的减少最好通过图像压缩过程来实现，最好但非必须地通过诸如根据基于小波的 JPEG 2000 或余弦 JPEG 标准的有损数据简化方法来实现。

通过实现适当程度的数据简化，便可能通过带宽有限的通信信道或数据信道将校正集合数据传送给用户。

这样便创建了适合由具有卫星信号接收机的远程用户使用的校正集合，根据本发明的此实施例，通过将校正集合作为简化的数据图像文件传送到一个所述卫星，并从一个所述轨道卫星将至少部分所述集合转发给用户，可经至少一个轨道卫星传送至少部分校正集合。

为此，最好将所述校正传送给至少一个轨道 GNSS 卫星，用户从该卫星接收信号以确定至少位置和时间之一，从而实现此操作。要进一步减少要传送或转发的数据量，所述方法设想将图像数据传送给一个所述卫星，以便只转发可能对所述卫星范围内某个地区中的用户有用的该部分校正数据。为此，可只传送所述部分校正数据到所述卫星，或传送所有数据但使所述卫星只转发所述部分。

在此类卫星具有有限容量来传送除已传送信号以外的信号，并且通常只能定期传送包括校正数据的任何数据的情况下，必须牢

记气象环境会由于天气情况相对于映射地区改变它们的位置而不断变化。因此，除导出与映射地区的网格点相关联的对流层延迟值外，还必须应用满足需要的数据简化，以允许在由卫星的传输可用性和传输率控制的、大大低于气象模型使用的气象信息的有效时间的某个时间内，传送用户可用的所有或部分所述校正。

为确保对流层导出数据的有效性，在时间和距离由相关天气情况的移动速度联系在一起的情况下，最好将所述延迟值校正传送给用户，所述校正对应于并不大于 1 小时的所述气象模型信息的气象时间分辨率和/或对应于并不超过 90 公里的所述气象模型信息的气象空间分辨率。

通过上面概述的图像压缩技术，可以每秒 25 到 500 比特的数据率实现向用户的校正数据传送，并且通过选择性地向较小地区的用户只传送适用的部分全球图像，允许以远低于该范围最高速率的速率有效地传送校正数据。

在气象模型模型从别处用于预报或预测一个或多个位置上的天气条件，即随时间改变的条件的数据中导出对流层延迟值的情况下，可根据所述气象信息预测将来的对流层延迟值，并形成地球表面某个地理地区的所述校正的预测集合，由此，所述预测集合的每个成员描述一个校正，每个校正随着形成时间的变化而成为当前校正。因此，可成批地传送所述预测校正集合，并在各成员的预测时间相对于预报成为当前时间时使用集合的成员。

这种通信可以是到轨道卫星，并在各成员的预测时间相对于预报成为当前时间时每次一个地转发成员。

在用户接收机相对于服务器和/或 GNSS 卫星的位置已知时，采用所述方法的第二实施例适用。该信息可由具有气象信息的服务

器用于导出实际或映射的对流层延迟值（而不是天顶延迟值），以便传送给用户用于设置或校正用户接收机伪距和获得精确的定时值。这种通信可直接或经网络进行。它也可能经一个或多个卫星，

如上述的 GNSS 卫星进行，但可能需要数据简化。在用户位置已知的情况下，预计不必导出和传送表示在某个地区上分布的延迟值校正集合。然而，如上所述，可能适当的是预报用户可能处于的任一用户位置的天气条件，并且导出延迟校正的预测集合，并在各成员的预测时间成为当前时间时将这些校正以批形式传送以便由用户接收机使用。

根据本发明的第二方面，提供了用于获得数据以便由卫星定位系统或 GNSS 用户使用的设备；所述设备包括：生成部件，用于在远离用户的服务器位置从气象信息生成适用于所述用户位置的至少一个精确的对流层延迟值；以及将所述值的至少一个函数值作为对流层延迟校正传送给所述用户的部件。

服务器可安排为导出适用于多个用户位置的对流层延迟值集合。

在第一实施例中，前一段中所述的设备包括：第一生成部件，用于根据本身已知的第一模型生成近似对流层延迟值的第一集合；第二生成部件，用于基于气象信息从所述气象模型生成更精确对流层延迟值的第二集合；以及形成部件，用于从所述第一和第二延迟集合形成对流层延迟值修改集合以便与所述第一模型一起使用，以便它可提供基本上与所述第二集合一致的对流层延迟值集合，并且所述形成部件安排用于将所述修改表示为对流层延迟校正集合。

最好所述第一生成部件利用基于非气象参数的所述第一模型。同样地，所述形成部件可安排为将所述校正集合中的每个校正表示为所述第一与第二集合中对应值之间的差，可能表示为偏离待校正的所述值的分数变化。

所述形成部件安排用于将所述校正表示为在地球表面某个地区上的分布，最好是以与多比特字灰度级图像对应的数据文件的形式，每个字表示所述地区的一个位置。此外，所述设备可包括压缩所述校正集合的部件。这可实现所述集合的无损压缩，或为获得更

大简化, 实现集合的有损压缩。

第一和第二生成部件中的每个部件可有利地导出用于将天顶延迟值映射到实际延迟值的至少一个高程映射函数的参数校正。校正可作为更长的字叠加在天顶延迟校正数据上以便传送给接收机。

- 5 所述设备还包括传输部件, 用于将所述校正集合传送给用户, 并且最好是经可能是 GNSS 卫星的一个轨道卫星传送。

- 在适用于其中卫星信号的用户接收机位置已知的设备的第二实施例中, 设备安排用于从用户接收定义相对于服务器或相对于 GNSS 卫星的至少一个用户位置的信息, 并提供本身为对流层延迟值而不是天顶延迟值形式的校正, 虽然可以提供后者。
- 10

- 根据本发明的第三方面, GNSS 用户接收机包括: 可用于根据机载模型从非气象数据生成适用于从多个所述卫星收到的标识信号的近似对流层延迟值的集合, 并且从所述延迟值和从多个所述卫星收到的标识信号, 计算所述接收机相对于地球表面的位置或时间的部件; 可用于接收可从所述模型导出的所述对流层延迟值的校正集合的部件, 所述校正从气象数据中导出的; 根据所述校正实现对所述导出延迟值的修改的部件; 以及以更高精度计算所述位置或时间的部件。
- 15

- 对所述延迟值实现修改的所述部件可用于根据相对于已导出校正的位置的所述用户的计算位置, 实现对所述校正的内插或外插。
- 20

 根据本发明的第四方面, GNSS 包括多个轨道卫星、如上定义用于获得数据的设备和用户接收机。

- 在以上讨论中, 谈及对流层延迟值和天顶对流层延迟值而未论及它们的性质。然而, 可导出某个特殊位置的单个对流层延迟值, 更常见的是将它作为所谓的“湿”延迟和“干”延迟即“静力”延迟导出。除重要的是进行区分, 在本说明书中具体为就数据简化进行区分的情况下, 对对流层延迟及其推导的引用要理解为各延迟的导出值。
- 25

参照附图，可从如下说明中明白本发明的其它细节和优点，附图中：

图 1 是本领域熟知的 GNSS 定位系统的示意图，显示了用户定位接收机装置和多个轨道定位卫星；

5 图 2 是实施本发明的 GNSS 定位系统的第一实施例的示意图，显示了用户接收机装置、地面站和多个轨道定位卫星；

图 3(a)是射线跟踪的图示；

图 3(b)是在射线跟踪中映射折射场的图示；

图 4 是适用于通过图像压缩技术进行数据压缩的天顶延迟数据文件的图示；

图 5 是噪声如何影响压缩的图示；以及

图 6 是已知位置上用户站的类似于图 2 的本发明的第二实施例的示意图，。

15 参照图 1，此图以示意图形式表示地表面的一个截面 50 以及相关的包括在地球轨道上的多个 GNSS 卫星 110₁、110₂、110₃、... 的全球定位系统 100 以及在地球表面或上方手持或车载类型的信号接收机和处理器形式的用户 120。

通常用户接收机 120 包括接收视野范围内不同卫星以无线电频率发射的信号的前端接收机 122、处理部件 124 以及信息显示器等传输设备 126。处理部件包括数字处理器，该处理器响应源于相对于地球上点的轨道位置已知的不同卫星且表征这些卫星的接收信号，并根据接收的这些信号的变化计算解，该解包括二维或三维的用户接收机位置，在一些应用中，重要的是包括时间。

25 用户接收机可以通过以上概述的伪距测量从多个接收卫星信号确定近似位置，但这因折射、主要是气象系统的含水量如锋面所致对流层中折射对信号造成的延迟而受到不利影响。至少对于第一个近似值，此类对流层折射可通过将第一模型 130 应用于接收信号处

理而得到补偿，第一模型 130 表示年度时间上该近似位置的预期气候条件。在它很少更新且最好也只不过表示平均条件的情况下，这种所谓的气候模型基本上是非气象的。气候模型 130 用已知的方式保持年度时间、与用户位置的相关纬度和高度中的至少一个参数，
5 且最好保持所有的参数，并可选择性地保持经度和/或日时的参数。

气候模型安排用于生成适用于用户位置的天顶对流层延迟 (ZD)，就相对于接收机的卫星高程倾角而论，所述用户位置可被映射，以提供更精确的对流层延迟值，并实现与接收信号路径实际采取的方向有关的伪距校正，特别是在卫星处于低高程角时。

10 为此，第一模型可包括高程映射函数 130'，它采用例如基本上如 Niell 在上述论文中所述的三项连分式逼近。然而，也应理解，从上述年度时间、纬度和高度导出的在映射模型中使用的参数还受气象干扰造成的错误影响，但对于许多用途，这些错误可视为太小而不予校正。

15 此先有技术设备利用天顶对流层延迟，并在适当时使用映射函数，实现针对对流层延迟的粗校正，从而使接收机能够计算更精确的位置和时间解。

此第一模型尽管存在固有的不精确性，但它允许制造用户接收机并使其与内置且不依赖从别处接受信号的此（受限的）校正功能
20 一起使用，因此，它是有价值的。

至此，用户接收机的定位精度已受多个因素的不利影响，但在这些因素得到解决并且错误源减少后，显然使用第一模型后保留的残余对流层延迟错误现在是精度受限的重要原因。

现在参照图 2，根据本发明，在地球上某个位置设有一个地面
25 站 200（本文中为方便起见将其称为服务器），不过，可能存在与地球表面不同地区相关联的多个服务器。此服务器不具有接收卫星信号的部件，而是耦合成从一个或多个气象组织接收信息，所述信息表示地球上不同位置的位置数值天气预测（NWP）的结果或适用

的信息；气象信息可以在本质上是全球的，或局限于一个或多个子全球地区。

在服务器中提供了与用户接收机中使用的第一模型（130）完全相同的模型，表示为 230，它包含上述非气象、气候模型参数。

5 在服务器中还提供了一般地表示为 250 的气象模型。此模型响应 NWP 提供的气象信息，并确定 ZD 的精确值（湿分量和干分量）。

两个模型的天顶对流层延迟 ZD 值在 260 进行比较以便确定它们之间的差，该差值构成了可归因于第一模型的错误。因此，该差构成了修改值，第一模型的结果可据以进行修改或校正以便提供与
10 第二模型相同的结果。

如下面详细描述的一样，这些校正被编码并在 270 进行数据简化，然后经发射器 275 通过构成到一个或多个 GNSS 卫星 110₁ 等的上行链路的通信信道 280，从上述卫星转发到一般地表示为 220 的用户接收机，从而传送给用户接收机。

15 用户接收机包括校正值数据的解码器 228，该解码器因此有效地为第一模型提供 ZD 值（湿值和干值），使它们与只在远程服务器上存在的第二模型精确导出的值相同，以便在导航和时间计算中使用。

可选地，亦如下详述，校正包括适用于第一模型映射函数的项目，以便为天顶延迟和映射函数值两者提供更高的位置和时间计算
20 精度。

通过讨论其它功能，下面展开论述了以上的系统概貌；这些功能可单独采用，但在一起使用时可有利地相互关联。

参照服务器 200，气象模型依赖于相应的气象信息可用的网格
25 点三维阵列，并使用此类信息导出允许在接近地球表面的接地点与某个特定卫星之间进行射线跟踪的折射场，由此可得到（对应于湿延迟和干延迟中各延迟的）对流层延迟值。

在这一点上，提供一些有关传播和大气折射性与大气层效应的

背景是适当的，因为它们与射线跟踪和 NWP 相关。

电磁波通过媒体传播的速度可以折射率 n 表示，折射率 n 定义为光通过自由空间的速度与通过介质的速度之比（等式 1-1）：

$$n = \frac{c}{v} \quad (1-1)$$

5 其中：

n 是折射率

c 是光在自由空间中的速度

v 是传播速度

10 实际上，并且如图 3(a)所示，在通过卫星与地球之间时，路径由于折射而被弯曲，表现为延迟。忽略相对论性效应，GNSS 对流层时延定义为 GNSS 信号从卫星到用户的传播时间减去自由空间传播时间：

$$d_{trop} = \int_{user}^{SV} n(s) ds - \int_{User}^{SV} ds \quad (1-2)$$

15 其中：

s 是沿传播路径的距离。

第一积分沿弯曲的传播路径进行；第二积分沿几何直路径进行。

20 描述弯曲射线路径的微分方程可以直角坐标表示为：

$$\frac{d}{ds} \left(n \frac{dr}{ds} \right) = \nabla n \quad (1-3)$$

其中， $r = r(s)$ 是描述射线路径的矢量，

s 是直至 r 的弯曲射线路径的长度；

n 是折射率标量场；

25 ∇n 为矢量场，是 n 的梯度。

微分等式可扩展为

$$\frac{d^2 r}{ds^2} = \frac{1}{n} \left(\nabla n - \left(\nabla n \cdot \frac{dr}{ds} \right) \frac{dr}{ds} \right) \quad (1-4)$$

具有已知初值的一阶普通差分方程 (ODE) 可使用数值方法, 如 Runge-Kutta 或 Adams-Moulton 方法求解。更高阶的差分方程可通过将它们重写为一阶方程的等价系统而以数值方式求解。利用替代: $r_1 = r$ 和 $r_2 = r'$ (一阶导数), 射线路径差分方程 (1-4) 可表示为两个一阶差分方程 1-5 和 1-6 的等价系统:

$$r_1' = \frac{dr}{ds} = r_2 \quad (1-5)$$

$$r_2' = \frac{d^2 r}{ds^2} = \frac{1}{n} (\nabla n - (\nabla n \cdot r_1') r_1') \quad (1-6)$$

10

射线路径的确定因此相当于具有初值的两个 ODE 的系统的解。标准数值方法可用于解决该问题: 例如, 采用与用户定义的容差一致的自适应步阶控制的 Runge-Kutta 方法。

在解出射线路径后, 对流层延迟可计算为:

$$d_{trop} = \int_a^b n(s) ds + \int_b^c ds - \int_a^c ds \quad (1-1)$$

15

其中, a、b 和 c 如图 3(a) 中显示, b 点对应于射线曲率和折射性可假定为可以忽略的点, 在此说明书中在 70 公里的高度之上。

20

确定从用户到卫星的路径 (在图 3(a) 中为 a 到 b) 的射线跟踪过程从 a 点开始, 并假定开始高程角为 α_{Apparent} 。虽然精确的卫星位置且因此 α_{Apparent} 已知, 但最初只可估计 α_{Apparent} (这样, 射线路径在 c 点交叉)。由于射线跟踪以最好也只不过是猜测的角度开始, 因此, 结果射线路径通常不会在 c 点交叉。通过导出至少两条射线轨迹并使用内插或迭代方法, 可确定适当精度的角度, 从该角度可导出对流层延迟。本发明基于导出每个对流层延迟的更精确的值以供使用。

25

至少部分对流层延迟确定基于数值天气预测（NWP）模型，该模型通过应用基本方程（governing equations），包括质量、动量和能量的守恒来预报大气物理过程的演变。包括湿度、压力、温度和速率的连续变量的三维场以数值方式处理，并且包括锋面的气象特性是次衍生属性。各种测量值可输入数值模型，包括表面、无线电探空仪和卫星观测值。水循环被建模，包括地面湿度、海面温度、云的形成及降雨的效应。

数值模型可以是全球的或关于有限的区域。有限区域高分辨率模型经常称为中尺度模型，这是因为它们反映中尺度的气象特性、范围少于 100 公里的天气模式。

英国气象局具有中尺度和全球数据的所谓统一模型，并使其可用。各 NWP 模型图定义该地图覆盖地区上的一个网格，并且这些模型提供对应点处的对流层延迟。例如，UKMO 具有两个 NWP 模型，即所谓的全球模型和中尺度模型。前者具有经度为 0.8333 度（5/6 度）和纬度为 0.5555（5/9 度）的水平分辨率，提供了定义地球表面的 432×325 个点的网格，每个点与中纬度上大约 60 公里的小区 and 热带大约 90 公里的小区相关联。此全球地图可与其它因素一起用于提供中尺度模型的边界点，此模型是以不列颠群岛为中心的地区模型，在经度和纬度上具有 0.11 度的分辨率（该网格以移位极旋转以维护统一的水平分辨率），并具有 146×182 个网格点；这些网络点对应于大约 12 公里 $\times$ 12 公里的小区阵列。两个模型均具有 38 个垂直等级，并延伸到大约 40 公里。

在相关地图的任一网格点上，大气折射率（及因此的折射率梯度）可从数值天气预测模型压力、水蒸汽分压力和温度场导出。大气折射性可分为干（静力）分量和湿分量。具有 0.5% 的折射率精度的二项表达式为：

$$N = N_{dry} + N_{wet} = \frac{77.6}{T} \left(P + 4810 \frac{e}{T} \right) \quad (1-8)$$

$$N = 10^6(n-1) \quad (1-9)$$

其中:

N 是折射系数。

n 是折射率

5 P 是大气压力 (毫巴)

e 是水蒸汽压力 (毫巴)

T 是温度 (绝对温度)

要使用的数值天气预测场以球面坐标系表示, 因此它便于通过
10 计算生成球面坐标(r,θ,α)表示的折射率梯度, 该坐标可通过使用以下变换而变换为局部曲线坐标(u,v,w)。

$$[\nabla n]_{uvw} = \frac{\partial n}{\partial r} u + \frac{1}{r \sin \alpha} \frac{\partial n}{\partial \theta} v + \frac{1}{r} \frac{\partial n}{\partial \alpha} w \quad (1-10)$$

随后, 对局部曲线坐标系应用又一旋转变换, 以给出适用于以
15 数值方式求解方程 1-5 和 1-6 的固定笛卡尔系 (图 3(b)中的 x,y,z) 中的梯度。

网格点之间的 NWP 场值可以线性和对数线性方式进行内插。
线性和对数线性外插技术可用于将 NWP 场扩展到最高网格点外和
NWP 地形下。为了精确地构建折射率场, 必须考虑重力加速度的
20 变化和高度与纬度。可假定流体静力学平衡。在定义了三维折射率场(n)的情况下, 射线路径方程可得以解出, 并且可使用方程 1-2 计算出对流层延迟。

大气折射率可分为干 (静力) 分量和湿分量。湿分量具有更大的
空间和时间可变性。通常, 可方便地将总天顶延迟分为干和湿天
25 顶延迟。在给定表面压力测量值的情况下, 静力天顶延迟可精确地建模, 然而, 湿天顶延迟无法根据表面湿度测量值精确地确定, 因为它们不代表上述大气。

为有助于理解，可简要地讨论一下形式为所谓“湿”和“干”分量的对流层延迟表示和应用于其上的高程映射。

在对对流层延迟建模过程中，根据第一模型可方便地通过映射函数 ($m(\varepsilon)$) 将给定高程角 ε 的对流层延迟与天顶延迟 (d_{Trop}^z) 相关。

$$5 \quad d_{Trop} = d_{Trop}^z m(\varepsilon)$$

在给定表面压力测量值的情况下，可精确地将静力天顶延迟建模，但湿天顶延迟无法根据表面湿度测量值精确地确定，这是因为它们不代表上述大气。给定高程角的对流层延迟的表达式可定义为：

$$10 \quad d_{Trop} = d_{hyd}^z m_{hyd}(\varepsilon) + d_{wet}^z m_{wet}(\varepsilon)$$

在应用静力和湿大气延迟叠加的简化时，注意必须小心：传播路径取决于静力分量和湿分量。

根据 Niel 方法的静力和湿映射函数具有高度的精确性而无需先有的气象信息，并且对流层延迟随高程角的变化可通过持续的分式展开而有效地加以建模。

在对流层延迟上具有大的空间和/或时间变化的气象特性将影响 NWP 导出的对流层校正的精度和在地区或全球基础上分发所需的带宽。静力折射率中时间和空间的变化一般很小，而与大气湿度快速变化相关联的气象特性大大影响精度/带宽关系。

比数值预测模型分辨率更小的气象特性将不会精确地反映在 NWP 导出的对流层校正中。

锋面标记气团之间的界面：气团定义为大的空气实体，其物理属性在数百公里的水平面上基本上一致。锋面可以标记大气湿度、温度及因此的折射率突变的发生。锋面可以分成三类：暖锋面、冷锋面和锢囚锋面。

对流层延迟中的最快变化可能发生在卫星高程角与锋面倾角相等时。通常，在英国，锋面系统以每小时 30 到 50 公里的速度移动，

并可导致每小时 3 厘米的天顶延迟变化。在对流层延迟由通过随高度和位置二者进行不同变化的气象特征进行的射线跟踪描述的情况下，对流层延迟随对地球的倾角变化。

5 服务器 200 因此将包括压力、温度和湿度数据的地区或全球数值天气预报模型信息作为输入，并根据气象数据计算三维折射率场。可导出与 NWP 覆盖范围对应的网格区域在与地形数据库（可能是 NWP 陆面）对应的高度的湿和干对流层延迟。这些延迟被变换或最初作为天顶延迟计算。对于包括高度的相同网格位置，湿和干天顶延迟根据第一模型 210 计算。

10 服务器计算第一模型与气象模型之间的差，且因此计算为使第一模型天顶延迟精确所需的修改，导出以百分数表示的这些差值，每个差值为偏离第一模型值的分数变化。

15 这有两个好处。首先，发现无论所述延迟和差值的实际值，差值在偏离对应第一模型值的小范围（大约±10%）内；与使用实际值差相比，这允许形成更小范围的待传送校正值。其次，它通过内插支持对第一模型天顶延迟值的更佳校正。

定义为包括天顶延迟随高度的变化的第一模型的百分数校正的校正 $BC_{\%}$ 会被传送。校正采取网格数据集的形式。用户可从相邻调整点线性内插其对流层校正。

$$20 \quad BC_{\%}(\phi, \lambda, h_0) = 100 \cdot \frac{ZD_{nwp}^{h_0} - ZD_{prior}^{h_0}}{ZD_{prior}^{h_0}}$$

其中，

$ZD_{nwp}^{h_0}$ 是从数值天气预报计算得出的高度 h_0 测量的天顶延迟；

25 $ZD_{prior}^{h_0}$ 是从使用先验大气模型计算得出的高度 h_0 估计的天顶延迟；

h_0 是高于平均海平面的高度，在该高度计算得出广播校正

百分数;

ϕ 是用以计算广播校正百分数的纬度;

λ 是用以计算广播校正百分数的经度;

5 用户可将天顶延迟计算为:

$$ZD_{User}^{h_1} = ZD_{prior}^{h_1} (1 + BC_{int\%} / 100)$$

其中:

$BC_{int\%}$ 是内插的校正百分数;

h_1 是用户高度。

10

应注意的是, 此技术避免了要求用户接收机存储 NWP 地形数据集, 该数据集随 NWP 模型演化时可能变化。如果用户位于与广播校正对应的网格点之一并且 $h_1 = h_0$, 则用户应用的对流层校正等于 $ZD_{nwp}^{h_0}$ 。

15

可以理解, 具体而言对于通过卫星 (具体为通过 GNSS 卫星) 传送, 存在传输带宽限制。虽然将来的改进可能减轻此约束, 但目前必需计划以低于每秒 500 比特, 通常为每秒 200 到 250 比特的速度传送数据。由于卫星并非始终可用于传输, 而是仅仅在某些传输窗口内才可用于传输, 由此这种情况会恶化。为此, 适当的是, 从模型导出的校正数据适用于数据简化。

20

各 NMW 模型地图定义地图覆盖范围地区上的网格, 并且这些模型提供对应点处的天顶延迟, 因此对应于所述地理点定义了差值 (修改或校正值) 集合。因此, 对于某个特定时间的特定气象信息集合, 服务器可以为组织的地图覆盖范围的不同位置编译此类天顶延迟修改的矩阵阵列。

25

例如, 如上所述, UKMO 具有两个 NWP 模型, 即所谓的全球模型和中尺度模型。前者具有提供定义地球表面的 432×325 个点

的网格的分辨率，而中尺度模型是以不列颠群岛为中心的地区模型，它具有 146×182 个网格点。

因此，存在点校正集合的二维矩阵阵列，每个由一个多比特字表示。具体而言，如在此实施例中，这可以由一个 8 比特字表示。

5 因此，在基站中，基于感兴趣的特定 UM，存在校正的地理分布，本质上是校正的 8 比特灰度级地图图像。在有助于理解的范围内，此类地图能够以可视方式表示，并且图 4 包括了这样的—个全球校正地图表示。

10 然而，可视显示表示实际上是/根据信息及其传播，可以理解，信息的格式有助于对此类二维图像采用的数据压缩技术，以便减少要传播的数据文件或信息的大小。

15 可采用无损或有损压缩，但在此实施例中，服务器实现了有损图像压缩；优选压缩技术根据 JPEG2000 标准（基于小波），但其它标准如 JPEG（基于余弦）或其它技术如简单二次抽样也可用于减少信息的文件大小。

20 此时，再次参照用户接收机是适当的。在校正数据信号与普通信号一起从 GNSS（或所述）卫星接收到的情况下，无需特殊的接收电路。校正（图像）数据集传送给进行天顶延迟计算的处理器，如上所述，它将图像解码以便将各个像素值用作校正。此类解码可通过内置于接收机中的硬件功能完成，或者此类解码可通过加载到接收机的中央处理器中的软件实现；用于 JPEG 图像文件解压缩的软件是众所周知的。

25 例如，如果未解压图像文件的大小约为 141 kb，则压缩系数 35（将文件大小减为 4 kb）指示小的压缩噪声，但在 140（减到 1 kb）的更大压缩中，压缩噪声明显。这也在图 5 中图示。

可以理解，湿延迟函数的条件复杂得多，并且比干延迟函数产生更大的文件大小。因此，分离可合理地期望分别约 9 kb 和 1 kb 的压缩文件大小的湿延迟函数和干延迟函数后，需要传播大约 88000

比特。

此数据集可作为单个图像传送到星群的所有卫星。在此实施
例中，通过实现到 GNSS 卫星的传输，实现了以如此低速率传输数据
的能力；全部图像以高传输速率/长持续时间传送；或者只传送与某
5 个特定卫星关联的某个地图地区的相关部分图像，或将图像划分给
多个卫星以便每个卫星只接收与其相关的部分，从而允许在所需接
收时间内实现又一系数为 3 的缩减；换言之，以每秒 250 比特的
数据率，发送和接收将花费大约 2 分钟。

因此，每个 GNSS 卫星能够将校正信号与普通信号一起广播，
10 而每个用户接收机可将校正信号与天顶对流层延迟模型一起使用，
以便根据与卫星位置相关的基本上当前的气象条件实现针对与模型
一起使用的值的校正。

可以理解，数据传播率在技术和经济上都具有重要性。首先，
可用于额外信息的数据传输容量有限，至少在当前的 GNSS 实现方
15 案中是如此。尽管对于其它类型的数据，解决方案可以是延长传输
事件的持续时间，但在更新天气相关数据的情况下，这不是合适的
选择。在天气变化和天气特性在地球表面移动且因此在气象模型中
所采用的网格上移动时，存在一个当前元素（currency element），
即，所需对流层延迟值有效的时间间隔和/或距离。相信这种当前时
20 间约一小时和/或 50 到 90 公里的网格大小。因此，如果用户要在气
象上一般地依赖对流层延迟值（通过校正），则它应在生成的延迟
值所对应的这种有效时间或位置内。因此，就到用户的传输而言，
传输必须在信息仍然有效时以用户可以接收和处理信息的此类速率
进行。卫星传输率在比特率方面很低，并且在下载此类校正信息的
25 可用性方面是间歇性的。因此，在数据保持有效时，必须实施数据
简化以适应校正数据（图像）集的传送。

此外，下载校正数据（图像）集所需的时间不应不适当地长，
使得用户不愿花费时间等待实现下载、将图像数据文件解压缩和计

算位置。

因此，重要的是实现达到这些不同目的的数据简化/图像压缩度。

5 在虑及上述延迟值（及导出的校正）的有效期的上述讨论后，应注意采用基于 NWP 模型方法的数据时，尽管一旦在预测的时间变成当前的，预测的对流层延迟的有效期相对小（如上所述），但实际上可事先，最长提前几小时预测任一给定点的天气条件并导出对流层延迟。

10 因此，不仅可形成与地区网格点关联的对流层延迟（天顶对流层延迟）集合，而且可形成针对将来时间预测的对应集合。换言之，服务器可导出校正集合的预测集合。

在服务器只可定期专用于形成延迟校正时，这可能很有用，因为预测集合可加以存储，并且其成员即特定时间的校正集合可在该时间为当前时间且集合有效时被检索。

15 或者，此类预测集合可在卫星内传送和存储，以便有效时间为当前时间时检索和转发校正集合，或者类似地存储在接收机中以便检索。

尽管具有产生和上载数据预测集合的能力，但实际上那时数据传输瓶颈是从卫星（具体为 GNSS 卫星）到用户的下载。

20 为减少卫星要传送到用户的校正数据集的大小，可使卫星适于仅传送适用于在范围内，即在卫星视线范围内的用户的延迟校正，同时忽略用于地球上其它点处用户的数据。这可这样实现：由服务器确定要上载到任一特定卫星的校正数据集的哪一部分，考虑可以访问它的用户，或者服务器可上载全球的数据集，但卫星确定要转发该集合的哪一部分。

25 以上描述主要集中于天顶对流层延迟校正的推导、传送和使用，天顶对流层延迟代表用户接收机第一模型不可校正的主要定位错误源。

如上所述，第一模型还采用使用也取决于大气且由气候模型中使用的元素调节的参数的映射函数，即，年度时间（a）、纬度（b）和高度（c）的函数。这些元素也可通过服务器中导出的校正集合进行校正。此映射函数可表示为：

$$5 \quad m(\varepsilon, a, b, c) = l + \frac{a}{1 + \frac{b}{1 + c}} \quad (2-1)$$

$$\frac{\sin(\varepsilon) + \frac{a}{\sin \varepsilon + \frac{b}{\sin(\varepsilon) + c}}}{\sin \varepsilon + \frac{b}{\sin(\varepsilon) + c}}$$

其中， ε 是高程角。

这可进一步表示为：

$$10 \quad m(\varepsilon, a, b, c) = l + \frac{1 + \frac{a_0 + \Delta a}{b_0 + \Delta b}}{1 + \frac{c_0 + \Delta c}{\sin(\varepsilon) + \frac{a_0 + \Delta a}{\sin(\varepsilon) + \frac{b_0 + \Delta b}{\sin \varepsilon + c_0 + \Delta c}}}} \quad (2-2)$$

其中， a_0 、 b_0 和 c_0 是第一模型值，并且 Δa 、 Δb 和 Δc 是应用于相应第一模型值以实现气象模型可导出的高程映射的校正。

15 通过运行拟合法，使方程（2-2）与追踪的射线（真实）之间的残差的平方和成最小。这样，校正值集合可包括 Δa 、 Δb 和 Δc ，作为类似数据图像文件导出，或者叠加在天顶校正数据图像文件上，方法是增加其字长度以包括构成这些校正的字元素。

除了接收机现在具有与映射函数参数一起使用的校正值，从而得以更精确地表示天顶延迟及其映射值以外，发送和接收反编码与以前相同。

20 可以理解，在高程映射函数中可包括经度和日时的参数，并且

导出数值解的上述方法因此可扩展到那里。

虽然采用 NWP 方便并在许多方面有利，但其它气象源可与其结合使用以扩增可用的数据。可采用使用大气三维视图的任何其它气象模型而不使用 NWP。可以理解，NWP 导出定义用于某个网格的对流层延迟，而该网格具有受在用的 NWP 模型限制的小区大小。诸如雷雨等具有高湿量并可招致对流层延迟的许多天气特性可低于 NWP 模型的分辨率阈值。然而，存在多个数据源，如本质上维量性质（dimensional nature）的卫星图像，这些数据源可以高分辨率识别此类特性的存在，并且其中包含的信息可用于改变网格的某个特定小区的 NWP 值，以在 NWP 网格上将此类 NWP 特性纳入考虑。

上述实施例旨在使具有内置的第一非气象模型的用户接收机能够以比单独使用模型本身更高的精度确定其位置。可以理解，计算解的部分是要获得达到模型的对流层延迟理解所允许的精度的时间值。对于一些用户，重要的是时间函数，并且此类用户可知道固定接收机的精确位置。

参照图 6，它显示了 GNSS 500 的第二实施例的示意图。用户接收机 520 类似于用户接收机 120，但缺少（或已禁用）第一非气象模型。

服务器 600 类似于服务器 200，不同之处在于省略了第一非气象模型，并且传输是地面传输而不通过卫星。在服务器内，提供了气象处理器 650，该处理器基于可以附加气象数据扩增的 NWP 数据，使用如上所述的三维折射率场生成，并在 NWP 数据涵盖的地区实现能够导出对流层延迟值的射线跟踪。然而，服务器也接收或在其中存储数据，所述数据关于或标识以相对于用户的地球坐标和卫星高程角与方位角表示的用户位置。因此，服务器不对简单的天顶延迟值建模，而是能够从原始数据计算适当的对流层延迟值或者选择映射到用户位置的正确角度的多个延迟值之一。服务器因此将实际延迟值通过无线或有线方式传送给用户，以使用户可获得更精

确的时间值，并且在适当时确认其位置。可以理解，在为预测目的导出气象数据的情况下，延迟值的导出和传送无需是实时的，而是可以在使用其之前提前进行。不仅单个对流层延迟值可以这种方式导出并传送，延迟值的预测集合也可以类似于针对系统 200 所述的方式导出和存储，当考虑所述预报的时间，该集合的每个成员变成当前的成员时，可检索和使用它。如果服务器用于其它用途，则预测集合可存储在服务器中，以便在适当时传送其成员，或者集合可传送并存储在用户接收机中，并在集合成员成为当前成员可检索它。同样地，可以理解传输可以经卫星进行，并在必要时使用数据简化。

上述公开内容可概括如下：

对流层校正服务器 200 接收作为输入的地区或全球数值天气预测模型信息，包括压力、温度和湿度数据。例如源于红外卫星观测值的高分辨率水蒸汽估计值等其它气象数据可用于扩增 NWP 数据，并帮助校正很小的气象特性（例如局部对流风暴）。

对流层校正服务器从气象数据计算三维折射率场。可计算得出与 NWP 覆盖范围对应的网格区域在与地形数据库（可以是 NWP 地形）对应的高度的湿和干天顶延迟。在使用服务器 200 的情况下，对于包括高度的相同网格位置，从先有模型计算湿和干天顶延迟。服务器随后计算先有的和基于气象观测的天顶延迟之间的差，并将其表示为百分数。湿和干百分数校正的网格数据集随后被量化并使用有损图像压缩技术进行压缩。包括图像解码所需数据的压缩图像随后传播到卫星上行链路站（卫星导航系统地面基础设施的一部分）。图像数据与当前大气状态有关，并且还可包括几个小时的预测图像。数据的上载可源于一个或多个上行链路站，并且可上行到一个或多个卫星。数据在性质上可以是全球性或地区性的。发送到每个卫星的数据可以受区域限制，使得卫星群虽然提供的是各卫星的数据但可提供全球覆盖。

成批地上载几小时的预测图像到卫星可用于减轻卫星导航系统地面基础设施的负荷。每个卫星将最适用、最新的对流层图像作为卫星导航系统导航数据的一部分广播。

5 用户的卫星导航信号跟踪系统接收对流层图像、包括卫星轨道确定参数的标准导航数据，并进行伪距和累计载波观测。将湿和干压缩对流层校正图像解压。计算出先有湿和干天顶延迟。先有湿和干天顶延迟模型与对流层校正服务器中使用的模型相同。随后使用相邻网格数据点之间的内插计算出与用户位置对应的用户湿和干天顶延迟。

10 随后，使用卫星高程映射函数，将湿和干天顶传播延迟转换为卫星特定的伪距校正。最后，计算出标准导航解，但添加了基于气象观测的对流层延迟校正。

在论文“使用数值天气预测场的对流层延迟建模和校正传播”
(“Tropospheric Delay Modelling and Correction Dissemination using
15 Numerical Weather Prediction Fields”by M Powe, J Butcher and J Owen given in the Proceeding of GNSS 2003) 中可找到有关影响定位系统实现的因素、数值天气预测技术以及从气象测量值导出校正的对流层延迟信息的更全面的论述，该论文包括在本申请中，本申请要求具有其优先权，并且该论文通过引用结合于本文中。

20

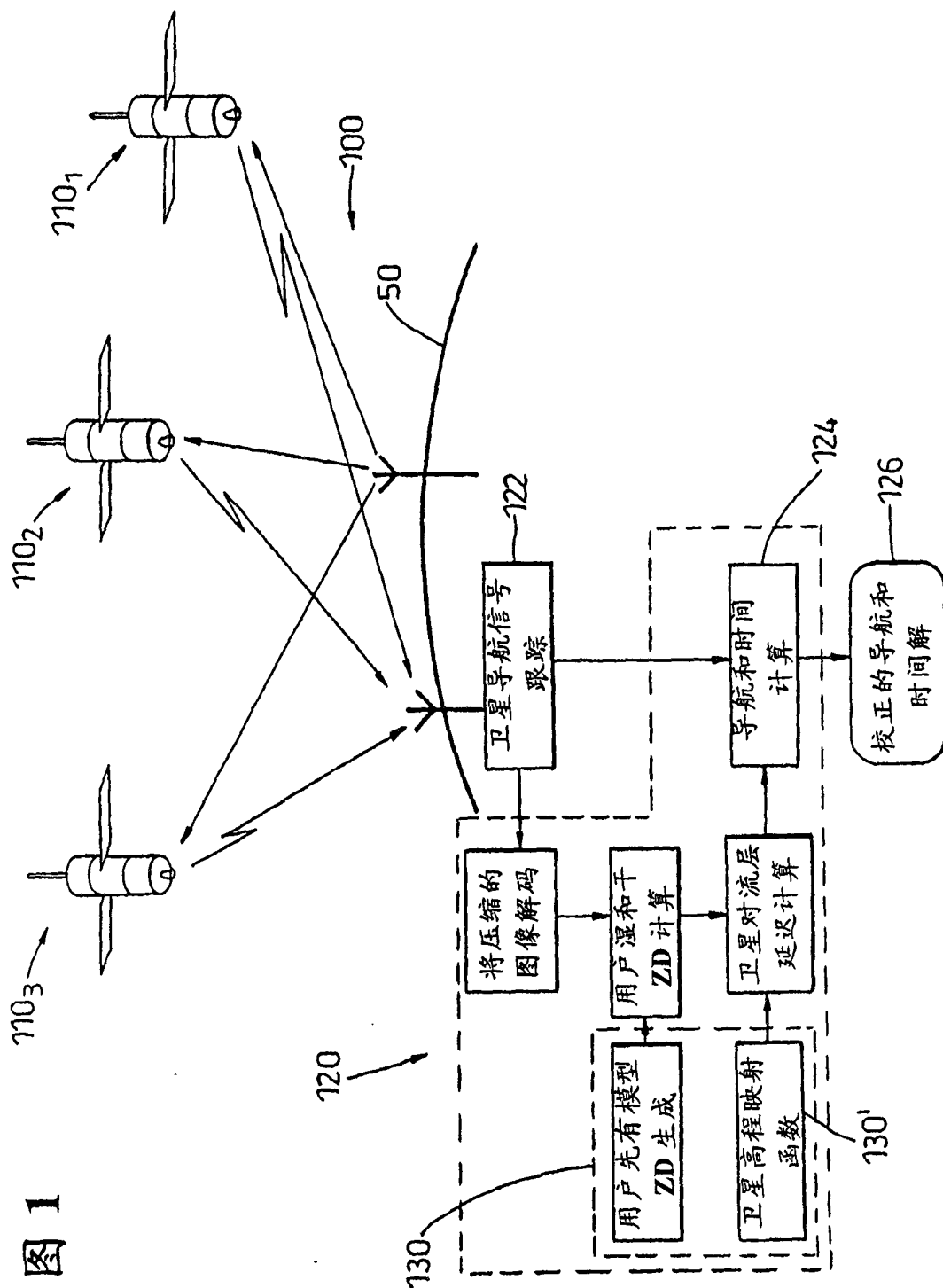
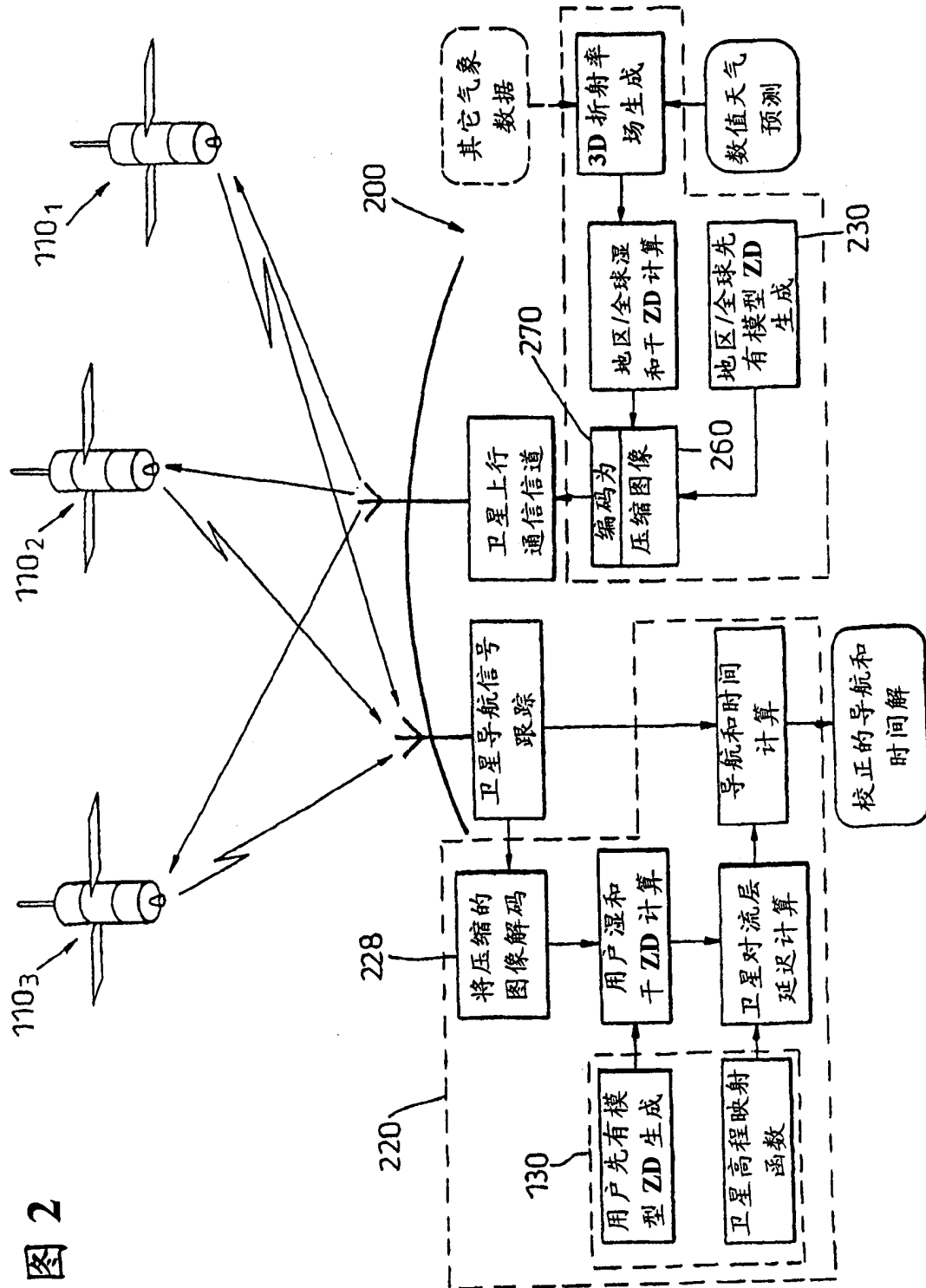


图 1

二、圖



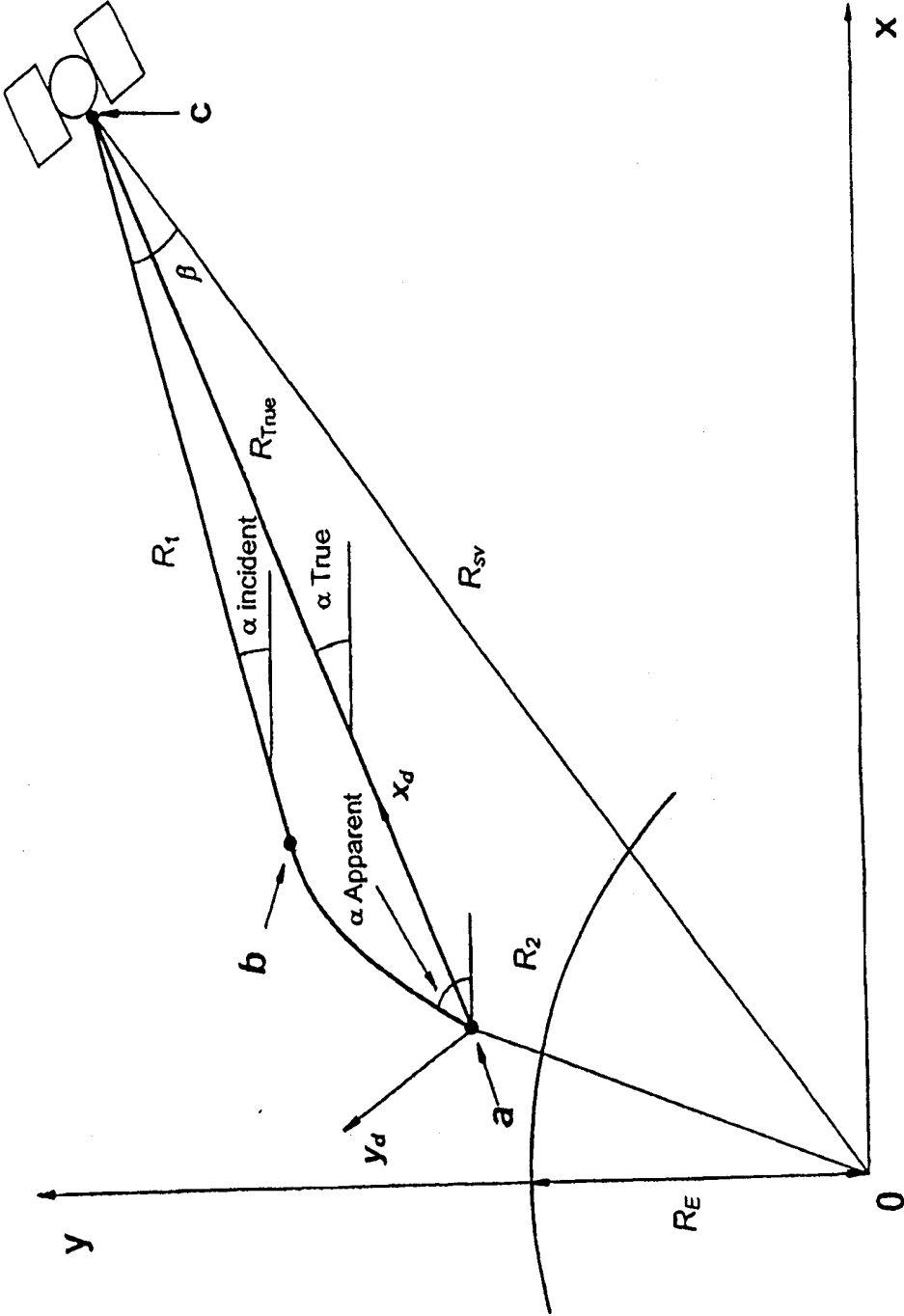


图 3(a)

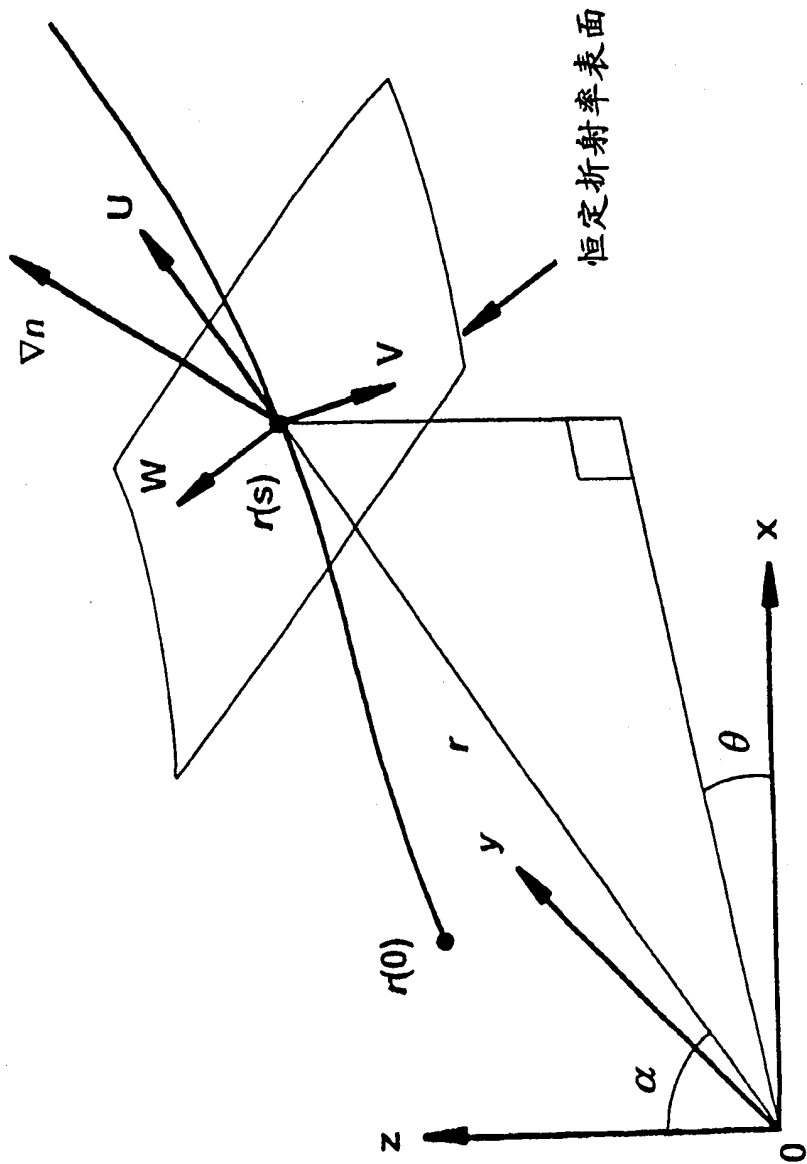
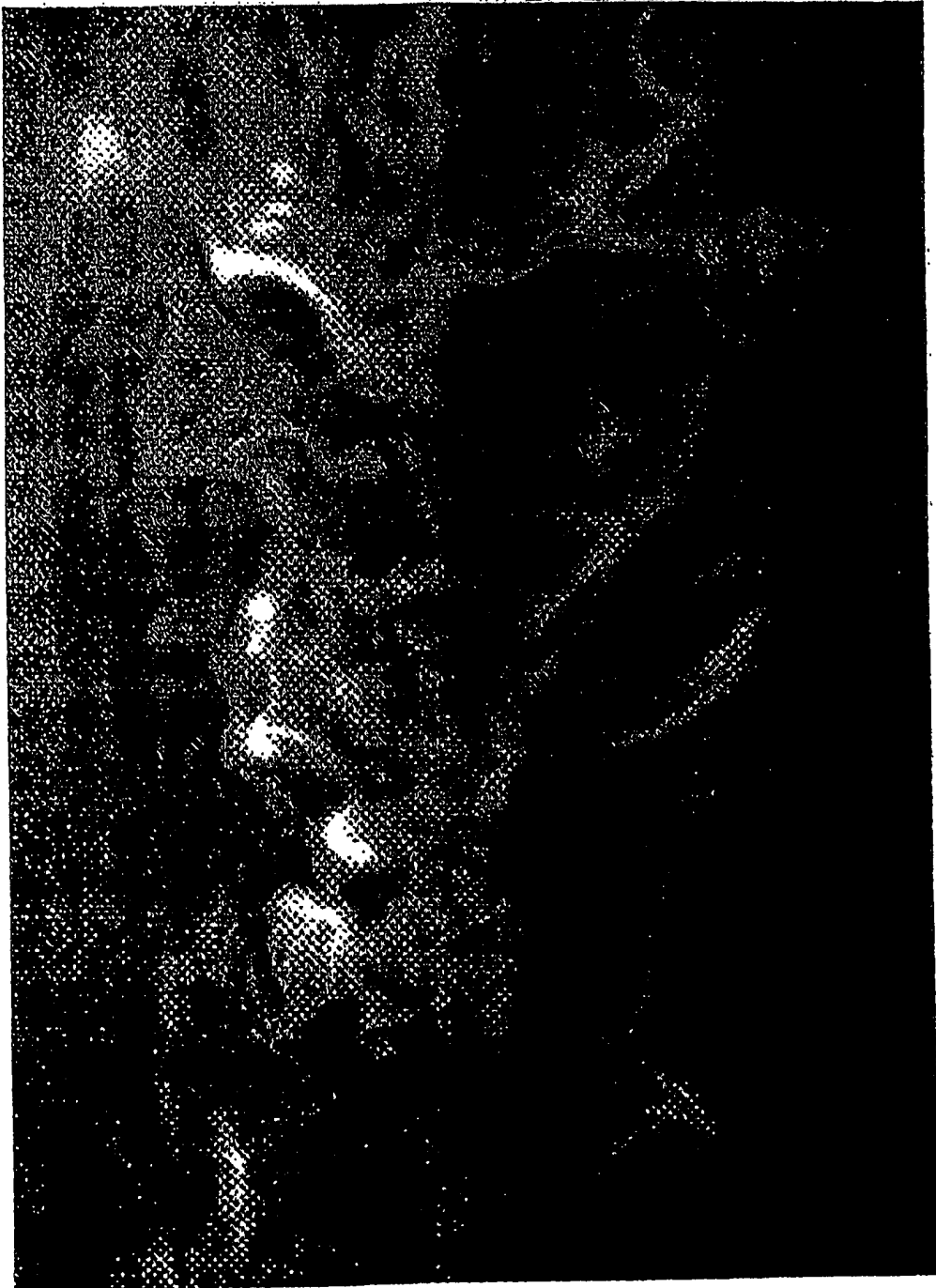


图 3(b)

4
图



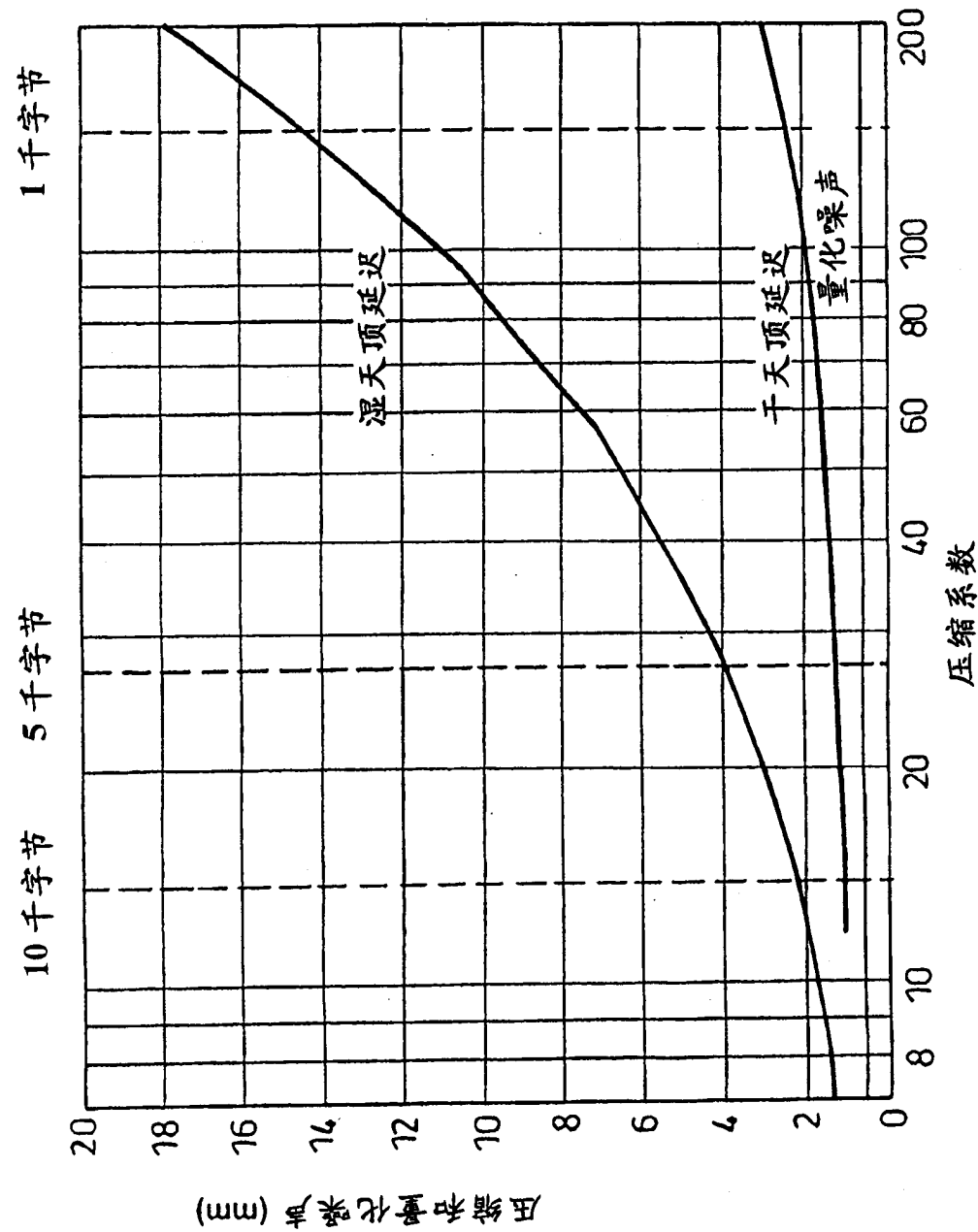


图 5

四九

