

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G01S 1/04 (2006.01)

G01S 5/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 99808173.6

[45] 授权公告日 2007 年 10 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 100344985C

[22] 申请日 1999.4.13 [21] 申请号 99808173.6

[30] 优先权

[32] 1998.5.6 [33] US [31] 09/074,021

[86] 国际申请 PCT/US1999/008084 1999.4.13

[87] 国际公布 WO1999/057573 英 1999.11.11

[85] 进入国家阶段日期 2001.1.2

[73] 专利权人 施耐普特拉克股份有限公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 N·F·克拉斯纳

[56] 参考文献

US5223843A 1993.6.29

US5459763A 1995.10.17

US5748651A 1998.5.5

CN1173644A 1998.2.18

EP0438199A2 1991.7.24

审查员 陈姗姗

[74] 专利代理机构 上海专利商标事务所有限公司

代理人 赵国华

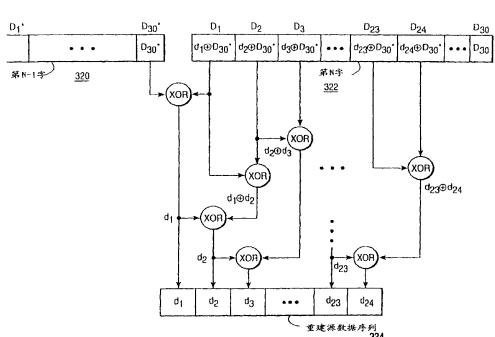
权利要求书 8 页 说明书 15 页 附图 9 页

[54] 发明名称

卫星定位系统信号处理方法和装置

[57] 摘要

一种处理较弱电平的卫星定位系统信号的方法和装置。一实施例中，SPS 接收机接收至少两个信号取样，至少表示部分共同信息，其中，两个信号取样与一个或多个卫星消息相关联。通过组合两个信号取样，可根据两个信号取样的组合确定导航信息(例如时间、位置、速度等)。根据另一实施例，对两个信号取样进行差分解调，并在一起求和来形成该组合。



1. 一种卫星定位系统信号处理方法，其特征在于，所述方法包括下列步骤：
在卫星定位系统接收机处接收一个或多个卫星定位系统信号；
从所述一个或多个卫星定位系统信号中除去伪随机噪声以便提供窄带信号的第一部分和窄带信号的第二部分；以及
对所述第一和第二部分进行求和，所述第一和第二部分中的至少一个由一加权系数加权以改进卫星定位系统接收机的灵敏度，所述加权系数是所述一个或多个卫星定位系统信号中至少一个的信噪比的函数；
其中所述第一部分和所述第二部分在所述一个或多个卫星定位系统信号中包含共同信息。
2. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一部分和所述第二部分的所述求和跟随在所述一个或多个卫星定位系统信号的差分解调之后。
3. 如权利要求2所述的方法，其特征在于包括，从所述一个或多个卫星定位系统信号中取得两个取样，所述两个取样在时间上按所述一个或多个卫星定位系统内包含的数据的位周期的倍数彼此分开，所述差分解调对所述两个取样进行组合。
4. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述卫星定位系统接收机包括全球定位卫星接收机。
5. 如权利要求4所述的方法，其特征在于，所述全球定位卫星接收机包括通信电路。
6. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一和第二部分在时间上按等于卫星定位系统消息的帧周期的倍数的持续时间彼此分开。
7. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一部分与第一卫星载体消息相关联，而所述第二部分与第二卫星载体消息相关联。

8. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述第一和第二部分实质与一个卫星载体相关联。

9. 如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述共同信息包括来自一个卫星定位系统卫星的卫星消息一部分的重复。

10. 如权利要求1所述的方法，其特征在于还包括：

从所述求和中确定表示嵌入所述第一和所述第二部分其中之一的导航信息的数据位。

11. 如权利要求10所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括卫星天文历信息，其中所述共同信息包括所述第一和第二部分中相同的信息。

12. 如权利要求10所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括误差校正信息。

13. 如权利要求10所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括所述卫星定位系统接收机的位置。

14. 如权利要求10所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括一通信系统实体的位置。

15. 一种与卫星定位系统相关联信号的处理方法，其特征在于，所述方法包括下列步骤：

在卫星定位系统接收机处接收包含与卫星载体相关联的卫星消息的第一卫星定位系统信号；

在所述卫星定位系统接收机处接收包含与所述卫星载体相关联的所述卫星消息的第二卫星定位系统信号；

从所述一个和第二卫星定位系统信号中除去伪随机噪声以便提供窄带信号的第一组信号取样和窄带信号的第二组信号取样；以及

对所述第一和第二组信号取样进行求和以改进卫星定位系统接收机的灵敏度，所述求和包括用一加权系数对所述第一和第二组信号取样中的至少一个进行加权，所述加权系数取决于所述第一和第二组信号取样中的至少一个的信噪比；

其中所述第一组信号取样和所述第二组信号取样包含共同信息。

16. 如权利要求15所述的方法，其特征在于，所述第一和第二组信号取样的所述求和跟随在所述第一和第二卫星定位系统信号的差分解调之后。

17. 如权利要求16所述的方法，其特征在于，所述差分解调对所述第一和第二卫星定位系统信号对进行组合，所述第一和第二卫星定位系统信号在时间上按所述第一和第二卫星定位系统信号内包含的数据的位周期的倍数而彼此分开。

18. 如权利要求15所述的方法，其特征在于，所述卫星定位系统接收机包括全球定位卫星接收机。

19. 如权利要求18所述的方法，其特征在于，所述全球定位卫星接收机包括通信电路。

20. 如权利要求15所述的方法，其特征在于，所述第一和第二组信号取样在时间上按等于所述卫星消息的帧持续时间的倍数彼此分开。

21. 如权利要求15所述的方法，其特征在于，所述共同信息包括所述卫星消息一部分的重复。

22. 如权利要求15所述的方法，其特征在于还包括：

从所述求和中确定表示嵌入所述第一和所述第二组其中之一的导航信息的数据位。

23. 如权利要求22所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括卫星天文历信息。

24. 如权利要求22所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括误差校正信息。

25. 如权利要求22所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括所述卫星定位系统接收机的位置。

26. 如权利要求22所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括一通信系统实体的位置。

27. 一种卫星定位系统信号处理方法，其特征在于，所述方法包括下列步骤：

在卫星定位系统接收机处接收包含第一卫星消息的第一卫星定位系统信号，所述第一卫星消息与第一卫星载体相关联；

在所述卫星定位系统接收机处接收包含第二卫星消息的第二卫星定位系统信号，所述第二卫星消息与第二卫星载体相关联；

从所述第一和第二卫星定位系统信号中除去伪随机噪声以便提供窄带信号的第一组信号取样和窄带信号的第二组信号取样；

组合所述第一和第二组信号取样以改进卫星定位系统接收机的灵敏度，所述组合包括对所述第一和第二组信号取样求和，所述求和包括用一加权系数对所述第一和第二组信号取样的至少一组进行加权，所述加权系数取决于所述第一和第二组信号取样中至少一组的信噪比；

其中所述第一组信号取样和所述第二组信号取样包含共同信息；

在所述卫星定位系统接收机处接收包含所述第一卫星消息的第三卫星定位系统信号；

在所述卫星定位系统接收机处接收包含所述第二卫星消息的第四卫星定位系统信号；

从所述第三和第四卫星定位系统信号中除去伪随机噪声以便提供窄带信号的第三组信号取样和窄带信号的第四组信号取样，其中所述第三和第四组信号取样至少部份地表示共同信息；

组合所述第三和第四组信号取样；以及

把从组合所述第一和第二信号取样而产生的第一结果与从组合所述第三和第四信号取样而产生的第二结果相比较，以确定导航信息。

28. 如权利要求27所述的方法，其特征在于，所述第一和第二组信号取样的所述组合跟随在所述第一和第二卫星定位系统信号的差分解调之后。

29. 如权利要求28所述的方法，其特征在于，所述差分解调对在时间上按所述第一和第二卫星定位系统信号内所包含的数据的位周期的倍数彼此分开的所述第一和第二卫星定位系统信号对进行组合。

30. 如权利要求27所述的方法，其特征在于，所述卫星定位系统接收机包括移动全球定位卫星接收机。

31. 如权利要求30所述的方法，其特征在于，所述移动全球定位卫星接收机包括通信电路。

32. 如权利要求27所述的方法，其特征在于，所述第一和第二结果包括周时间信息。

33. 如权利要求32所述的方法，其特征在于，比较所述第一和第二结果包括：确定如所述第一和第二结果所表示的周时间之间的差值，并把所述差值和表示所述第一和第二结果间的时间差的值相比较。

34. 如权利要求27所述的方法，其特征在于还包括：
从所述组合中确定表示导航信息的数据位。

35. 如权利要求32所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括卫星周时间信息。

36. 如权利要求34所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括卫星Almanac信息。

37. 如权利要求34所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括所述卫星定位

系统接收机的位置。

38. 如权利要求34所述的方法，其特征在于，所述导航信息包括一通信系统实体的位置。

39. 一种提供卫星定位系统信号处理的装置，其特征在于，所述装置包括：
解扩器，用于从一个或多个卫星定位系统信号中除去伪随机噪声以便提供窄带信号的第一部分和窄带信号的第二部分；
连接到所述解扩器的处理器，用于把所述第一部分和所述第二部分组合以改进卫星定位系统接收机的灵敏度；

所述处理器对所述第一部分和所述第二部分执行求和操作，所述求和操作包括用一加权系数对所述第一部分和所述第二部分中的至少一个进行加权，所述加权系数取决于所述第一和第二部分中的至少一个的信噪比；

其中所述第一部分和所述第二部分包含共同信息。

40. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述解扩器包括：
一差分解调单元，对所述第一和第二部分进行差分解调；以及
所述处理器包括：
一求和单元，与所述差分解调单元连接，对所述第一和第二部分求和。

41. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述处理器在其对所述第一和第二部分差分解调之后对所述第一和第二部分求和。

42. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述装置包括移动全球定位卫星接收机。

43. 如权利要求42所述的装置，其特征在于，所述移动全球定位卫星接收机还包括通信电路。

44. 如权利要求43所述的装置，其特征在于，所述移动全球定位卫星接收机可以经由所述通信电路访问远程实体。

-
45. 如权利要求44所述的装置，其特征在于，所述远程实体包括基站。
46. 如权利要求45所述的装置，其特征在于，所述基站包括一至数据处理网络的通信链路。
47. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述第一和第二部分在时间上按等于所述卫星消息帧周期的倍数的持续时间分开。
48. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述第一部分与第一卫星载体消息相关联，而所述第二部分与第二卫星载体消息相关联。
49. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述第一和第二部分实质与一个卫星载体相关联。
50. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述共同信息包括来自一个卫星定位系统卫星的卫星消息一部分的重复。
51. 如权利要求39所述的装置，其特征在于，所述处理器从对所述第一部分和所述第二部分的组合中确定表示嵌入所述第一和所述第二部分其中之一的导航信息的数据位。
52. 如权利要求51所述的装置，其特征在于，所述导航信息包括卫星天文历信息。
53. 如权利要求51所述的装置，其特征在于，所述导航信息包括误差校正信息。
54. 如权利要求51所述的装置，其特征在于，所述导航信息包括卫星定位系统接收机的位置。

55. 如权利要求51所述的装置，其特征在于，所述导航信息包括周时间信息。

卫星定位系统信号处理方法和装置

发明背景

发明领域

本发明涉及一种利用卫星定位系统接收到的信号来确定导航信息（例如位置、时间、距离、速度等）的系统。

发明背景

诸如GPS（全球卫星定位）系统接收机之类的SPS接收机通过计算多个诸如GPS（或NAVSTAR）卫星之类卫星同时发射的信号所到达的相对时间来确定它们的位置。作为这些卫星的卫星数据消息的一部分，这些卫星发射卫星定位数据和时钟定时数据（所谓的“天文历”数据）两者。此外，它们发射周时间（TOW）信息，该信息允许接收机不含糊地确定本地时间。从1023码元（通常称之为码片）的高速率（1.023 MHz）重复伪随机（PN）码型构成所接收到的每个GPS信号（以C/A模式）。再把50 Hz（或波特）速率的低速率数据置于该“扩频序列”码型上。该数据是上述TOW信息的源。

一般，SPS接收机计算一个或多个“伪距”测量值，这些测量值的每一个表示接收机和卫星载体（SV）之间的距离。一般使用术语“伪距”来指出距离测量值可能包括由于一个或多个因素引起的误差，所述一个或多个因素包括，例如，SPS接收机的钟指出的时间和基准时间（诸如与卫星的更正确的原子钟相关联的基准时间）之间的误差。因此，SPS接收机一般使用伪距，与在卫星信号中提供的定时和天文历数据一起来确定一组更正确的导航数据（诸如位置、时间）。

为了完成诸如SPS接收机的位置之类的导航信息的计算，SPS接收机一般应处理50波特数据。为了处理50波特数据，SPS接收机接收到的卫星信号电平应有足够的强度。因此，如果所接收到的信号电平和/或信噪比（SNR）太低，则传统的SPS接收机不能够完全地确定诸如它们的位置和/或时间之类的导航信息。不幸地，在某些诸如卫星信号受到阻断之类的情况下，来自GPS卫星的所接收信号的电平太低，以致不能无误差地进行卫星数据信号的解调和读出。在个人跟踪和/或其它移动应用中会出现

这种情况。

本发明提供一种信号处理方法和装置，用于改进诸如移动卫星定位系统（SPS）接收机之类的实体的灵敏度，使之在噪声和/或其它因素可能使信号强度、SNR等减弱的移动和/或其它环境中，较佳地启动卫星消息的处理并确定诸如时间、位置等导航信息。

发明概述

提供一种方法和装置，用于处理卫星定位系统（SPS）信号。在一个实施例中，SPS接收机接收至少两个信号取样，表示至少一部分共同信息，其中，两个信号取样与一个或多个卫星消息相关联。通过组合两个信号取样，根据两个信号取样的组合可以确定包含在取样中的导航信息（例如，时间、位置、速度等）。根据另一个实施例，使两个信号取样差分解调并相加在一起以形成组合。

附图简述

图1是流程图，示出根据本发明的一个实施例处理卫星定位信息的方法；

图2A示出（标准定位业务）GPS系统卫星消息的结构；

图2B示出一般用于对卫星传输的源数据（例如，天文历）进行编码的GPS编码等式；

图3是根据本发明的一个实施例的数据流程图，示出与差分解调卫星消息（或其一部分）相关联的XOR（异或）操作；

图4是根据本发明的一个实施例的流程图，示出一种用于处理至少一个卫星消息其中一部分的方法；

图5是根据本发明的一个实施例的流程图，示出根据在两个或多个SV信号上的公共信息处理卫星定位信号的方法；

图6是根据本发明的一个或多个实施例的SPS接收机方框图，提供卫星定位信号处理；

图7是根据本发明的一个实施例的综合SPS接收机/通信机方框图，可以利用所述综合SPS接收机/通信机处理SPS信号；

图8示出根据本发明的一个实施例的系统，它包括SPS接收机、蜂窝电话站点、基站、互连网以及用户计算机系统。

详细说明

下面描述与卫星定位系统一起使用的处理卫星消息的各种方法和设备。本发明的某些讨论针对美国全球定位卫星（GPS）系统。然而，应该明白，可以把这些方法等同地应用于诸如俄国Glonass系统之类的相似的卫星定位系统。此外，可以理解，本发明的教导可以应用于使用伪卫星（pseudolite）或卫星和伪卫星的组合的定位系统。此外，所提供的在此说明的基站和移动SPS接收机的各种构成仅是为了说明的目的，而不认为是对本发明的限制。因此，应该理解，可以在大量的卫星定位系统中找到本发明的应用，而且可以在大量不同的装置和/或算法结构中执行。

发明概要

根据本发明的一个方面提供一种设备和方法，用于改进卫星定位系统（SPS）接收机的灵敏度。根据一个实施例，本发明通过组合在卫星载体（SV）信号内的公共信息（此后称之为“SV内”信号处理）而提供经提高的灵敏度。根据本发明的另一个实施例，组合在两个或多个SV信号之间的公共数据（此后称之为“SV间”信号处理）。在再一个实施例中，执行SV内和SV间信号处理的组合。这种公共信息可以是这样的数据，即作为一个或多个卫星载体（SV）的一部分消息和/或与卫星消息相关联的一个或多个信号特征而发射的数据。可以理解，一般，在来自一个或多个卫星载体的两部分消息中“公共”信息是相同的信息。

应该理解，几种类型的SPS接收机可以使本发明具体化。例如，在一个实施例中，SPS接收机可以是一个移动单元。在另一个实施例中，SPS接收机可以和其它诸如通信子系统之类的电路结合在一起，以与诸如基站之类的其它实体进行通信。在这种实施例中，基站可以包括它自己的SPS接收机，并执行某些专门在这里描述的，和/或连同可能是移动单元的另外的SPS接收机的信号处理方法。在一个实施例中，通信子系统可以配置成在SPS接收机和另外的实体之间提供模拟和/或数字蜂窝通信。虽然本发明可以在各种环境中使用，定时本发明可以提供的灵敏度增益在移动和/或其它环境中可能特别有用，对于传统的SPS接收机提供合适的卫星信号处理，在上述移动和/或其它环境中的SNR可能太低。

本发明一实施例概要

图1是示出一种方法的流程图，用于根据本发明的一个实施例执行SV内和/或SV间的信号处理。图1的方法可以提供经提高的卫星定位接收机的灵敏度，例如，当信

噪比(SNR)相当低时。在图1所示的方法中，流程从102处开始并在112处结束。在104处，一个实体(在一个实施例中该实体包括移动SPS接收机)接收与卫星定位系统相关联的一个或多个信号的组，其中，一个或多个信号的每一个组表示卫星载体所发射的至少一部分消息，诸如在图2A中示出的GPS消息212。

在106处，一个或多个卫星信号的组经过预处理。在一个由实体处理GPS信号的实施例中，预处理包括从所接收到的信号中除去伪随机噪声(PN)(例如使所接收到的一个或多个信号组“解扩”)，以得到频带相当窄的数据信号。然后对于一个或多个所接收到的信号的每一个组把该窄带数据信号进行解调。在一个实施例中，差分地解调每一个信号组的窄带数据，作为预处理的一部分。将在下面进一步详述的差分解调包括用以前的或延迟的数据取样(或，根据所接收到的卫星信号格式的经延迟的数据取样的复数共轭值)乘以卫星消息数据流的数据取样(例如，一位)。这样，差分解调可以把恒定的或变化相当慢的载波相位从所接收到的卫星信号中除去。通过除去这种相位，差分解调可以降低对于跟踪卫星信号载波相位的相当高的精度要求，这在移动或其它操作环境中(其中在接收机载波上可能出现明显的相位噪声)是特别的优点。下面参考图3将进一步详述差分解调。

在108处，组合对于一个SV信号的至少两个部分(或它的一部分)和/或两个或多个SV信号之间的至少两个部分的公共信息。例如，在一个实施例中，其中只考虑与一个SV相关联的信号，即，执行SV内信号处理，如将在下面详述，可以使经解调的信号的不连接部分相互组合(例如，通过求和)。例如，这种公共部分可能是包括在卫星消息中的帧(或它的一部分)，诸如在图2A中示出的消息212。如果这种部分表示公共数据(例如，由于信号的周期性)，则根据本发明的一个方面，公共数据的组合可以提供信噪比(SNR)的改善。在一个实施例中，公共数据可以包括卫星天文历数据，在GPS系统中，这种数据一般每隔30秒重复一次。在另一个实施例中，可以确定和组合卫星信号的其它公共部分。

此外，根据本发明的另一个实施例，可以组合两个或多个SV信号的两个或多个公共部分(即，SV间信号处理)两个或多个公共部分可以包括，例如，与特定时间情况相关联的数据。这样，在任何数目的卫星载体消息上，这种数据可以是公共的。在一个实施例中，公共数据可以表示在一组卫星消息之间的周时间(TOW)、日历、和或其它公共信息。再有，通过在许多卫星信号上组合该公共数据，可以进一步提高与该公共数据相关联的信噪比。例如，把由七个卫星发射的数据相加可以提供高达8.45 dB的灵敏度增益。

在一个实施例中，公共数据包括在GPS卫星消息中提供的周时间（TOW）信息。这样，在本发明的一个实施例中，由于几乎在每个子帧中提供TOW（即，如在图2A中所示，每隔6秒），所以通过对TOW数据相加而重复地估计TOW值，所述TOW数据是由上述许多卫星载体中的每一个所提供的；然后检查“邻近”（例如，在时间n和n+1处）TOW时间的一致性。将在下面参考图5和本发明的一个实施例进一步详述这一点。

在110处，根据组合在两个或多个SV信号之间的一个SV信号的公共部分和/或公共部分的结果，实体确定导航信息。导航信息可以包括一个时间、实体的位置、速度、到卫星的距离、到基站的距离、和/或其它信息，或这些信息的组合。

应该着重地指出，可以分开或组合地执行上述SV内和SV间的处理。这样，在一个实施例中，通过组合包含在一个SV信号中的公共部分而执行SV内处理，所述SV信号与SV数据消息的至少一部分相关联。在另一个实施例中，通过组合在两个或多个SV信号之间的公共部分而执行SV间处理，所述SV信号的每一个与SV数据消息的至少一部分相关联。在再一个实施例中，执行SV内和SV间处理的组合。在还有一个实施例中，根据某些条件（例如，在视野中的卫星数目、SNR等）来选择是使用SV内还是使用SV间信号处理和/或得到从SV内和SV间处理所获得的结果。

典型的GPS卫星信号格式概要

为了有助于理解本发明，下面提供典型的GPS系统卫星消息格式的描述。图2A描绘（标准定位业务）GPS系统卫星消息的结构。在图2A中示出卫星消息212，它的跨度为12.5分，并包括25帧。25帧的每一帧（诸如帧214）的跨度为12.5分的1/25或30秒，并包括5个子帧。接着，5个子帧的每一子帧（诸如子帧216）的跨度为30秒的1/5或6秒，并包括10个字。最后，10个字中的每一个字（诸如字218）的跨度为6秒的1/10，或0.6秒和30位。

在30秒帧的最初的3个子帧中的大多数信息与个别发射卫星（即，发射消息的卫星载体）的位置信息相关联。在其它信息中，30秒帧的后面两个子帧包括所谓的日历数据，它对于GPS卫星的整个星座提供粗略的卫星位置信息。一般在最初3个子帧中的数据在连续的帧是重复（即，每30秒）。另一方面，由于它一般用12.5分来发射整个日历，所以在帧之间的最后两个子帧中的数据发生变化。TOW字是一个例外，每个子帧（即，每6秒），它的计数增加1。

通常，可以把GPS信号认为在50波特处带有按二进制相移键控（BPSK）发射的数

据的数据信号，其中把每个数据波特乘以第二高速二进制“扩频”序列的20个重复的帧。扩频序列的每一个帧具有1023个二进制（例如，+1或-1）码元的长度，具有每秒102.3万码元的码元（或“码片”）速率。

通常，GPS接收机与高速扩频序列同步，并把它从所接收到的卫星信号中除去。解扩序列破坏了卫星信号使之相对地比50波特数据序列较窄，接着应该对其进行解调。在下述说明中，可以假设已经解扩序列。

应该理解，至少某些卫星消息的所发射数据序列对于由消息表示的源信息（例如，天文历、一天的时间等）不是公共的。相反地，所发射的数据序列表示源数据/信息的经编码的形式（此后，“所发射的数据/位”表示“源数据/位”的经编码的形式）。一般，使用允许误差检测（例如，奇偶校验）的Hamming型代码。为这个目的，GPS卫星消息的所发射的30位字的每一个包括24个数据位和6个奇偶位。这允许可以检测3位或小于3位的误差。然而，编码方法实际上影响所有所发射的位，因为前面第(N-1)字的所发射的最后位（即，奇偶位30）与当前第N字的24个信息位相异或。

还应该注意，选择子帧的数据位293和294，致使子帧的最后两个奇偶位（位299和300）两者都等于零。这样，这些位对于后面的字没有影响，只有有时它们是非零才会受影响。相应地，从前面子帧的最后的字断开子帧的第一字，

图2B示出一般用于代码源数据（例如，天文历）的GPS编码等式。在图2B中，数据位d₁, d₂, …, d₂₄表示源数据，而D₁, D₂, …, D₃₀表示卫星载体发射的当前（或第N）字的所发射的（或经编码的）位。位D₂₅, …, D₃₀表示经计算的奇偶位。使用符号“*”来识别卫星载体发射的以前的或第(N-1)字的位。符号“⊕”表示模2求和或异或操作。

多半，量d从一帧到另一帧重复（即，保持不变）。然而，如在图2B中所示由于从相应的量d与前面字的最后发射的奇偶位异或而形成量D，在帧之间量D可能不重复。事实上，最后的奇偶位(D₃₀)一般一个字一个字地和一帧一帧地变化，由于给定的D₃₀与D_{29*}有关，D₃₀与所有子帧的数据有关。因此，给定字的所发射的数据序列D₁, D₂, …, D₂₄一般不从一帧到下一帧重复，但是根据前面字的最后奇偶位(D_{30*})可能使之有点随机的反相。然而，有该数据不重复的例子，诸如包含固定同步数据的子帧的第一字，其中D_{30*}是零。

本发明一个方面的概要：差分解调

如上所述，给定字的所发射的数据序列D1, D2, …D24一般不从一帧到下一帧重复。然而根据本发明的一个方面，通过寻找在GPS卫星消息中的重复（至少一部分）可以提高诸如移动或非移动GPS接收机之类的实体的灵敏度。在本发明的一个实施例中，在差分解调之后把与卫星消息相关联的卫星信号的经取样的数据从一帧到下一帧相加。根据差分解调的一个方面，使给定的数据取样乘以前面的数据取样，以除去慢变化信号相位的影响。结果，根据异或操作，逻辑地组合在下面的信息位。

应该理解，可以在经取样的数据上执行差分解调和公共数据的求和，所述经取样的数据根据数位的精度进行量化。在某些例子中可以要求保持这种精度以维持信号的保真度，因为一般信号在包括感兴趣的信息之外还包括噪声和其他的畸变。

此后，以术语“软判定”表示经多电平量化处理的数据。当对于软判定数据的信息位的值（例如，逻辑“1”或“0”）进行接着的（可能是最后的）确定时，此后把这种接着的确定称为“硬判定”数据。

图3是根据本发明的一个实施例的数据流程图，示出从对于与卫星消息（或它的一部分）相关联的信号进行差分解调而得到的逻辑操作。如在图3中所示，把前面的或第(N-1)字320的所发射的数据位与当前的或第N字322的所发射的数据相组合。特别，根据图3所描绘的方法，通过异或操作把第(N-1)字320的最后的奇偶位与第N字322的第一位相组合以产生 $D_{30*} \oplus D_1$ ；根据图2B的编码等式， $D_{30*} \oplus D_1$ 和 $D_{30*} \oplus d_1 \oplus D_{30*}$ 相同。作为异或操作的结果，消除了 D_{30*} ，即， $D_{30*} \oplus d_1 \oplus D_{30*} = d_1$ 。相似地，把第N字322的第一和第二位（分别为D1和D2）（异或）组合以产生第二结果即 $d_1 \oplus d_2$ 。

继续上述处理以产生序列 $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$ 。应该理解，数据序列，即， $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$ 不是从一帧到一帧重复的，因为它不包括奇偶位 D_{30*} 。为了再构造源数据序列 d_1, d_2, \dots, d_{24} ，在图3中以源数据序列324描绘经再构造的源数据序列，通过对偶异或操作组合上述序列 $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$ 的邻近取样，也如在图3中所示。例如，可以组合最初的两个邻近取样 d_1 和 $d_1 \oplus d_2$ 以得到 $d_1 \oplus d_1 \oplus d_2$ ，它等于 d_2 。接着，可以把结果 d_2 和序列 $d_1, d_1 \oplus d_2, d_2 \oplus d_3, \dots, d_{23} \oplus d_{24}$ 的下一个邻近取样即 $d_2 \oplus d_3$ 组合以得到 $d_2 \oplus d_2 \oplus d_3 = d_3$ 。如此，可以得到源数据序列 d_1, d_2, \dots, d_{24} 。

下面还提供在本发明的一个实施例中使用的差分解调的数学描述。可以把所发射的卫星信号（或它的一部分）的取样表示为：

$$s(n) = D(n) \times \exp(j\theta n), \quad n = 0, 1, 2, \dots$$

其中 θ 是未知的，但是是变化相当慢的相位角（而且取样速率可以等于数据速率），而 $D(n)$ 是具有幅度 +A 或 -A 的卫星数据消息码元（其中 A 是与信号强度有关的常数），并且其中极性分别指示逻辑 0 或 1。（根据一个实施例，与相当差的相位跟踪一起，假设载波的相当精确的数据同步和频率跟踪。）一般把随机噪声和干扰加到量 $s(n)$ 上，但是这种描述对于理解本发明是不必要的。

如上所述，可以把差分解调认为是当前数据取样和以前的（或经延迟的）数据取样（或它的共轭复数）的组合（例如，通过相乘），致使：

$$\begin{aligned} r(n) &= s(n)s(n-1)* = D(n)D(n-1) \times \exp(j(\theta n - \theta n-1)) \\ &= D(n)D(n-1) \times \cos(j(\theta n - \theta n-1)) + j D(n)d(n-1) \times \sin(j(\theta n - \theta n-1)) \\ &\approx D(n)D(n-1) \end{aligned}$$

其中只保留余弦（或“同相”）项，并且一般保持 $\theta n \approx \theta n-1$ 的近似值。一般，如果已知或已跟踪载波频率（例如，正确度大于数据速率），则将保持差分解调的上述近似值。

应该理解，当把相应于给定帧的 $r(n)$ 值和后面的帧的 $r(n)$ 值相加时，一般保持上述等式的 $r(n)$ 的实数部分的总数字正确度。一般把这个“总正确度”数据称为“软判定”数据，因为尚未把它映射到 0 和 1 的逻辑值。在这种帧数相加时，保留同相项的符号。有时把同相项的符号称为“硬判定”值。如上所述，在本情况中相应于帧总和的组合数据可以改进解调数据 $r(n)$ 的 SNR，当从一帧到一帧这种数据是共同的时（例如，相同地重复，至少有一部分相同地重复）。

在另一个实施例中，在 $r(n)$ 值相加之前执行硬判定（例如， $r(n)$ 围绕 +1 到 -1）。然而，结果可能使 SPS 接收机的灵敏度损失约 2 dB。

在一个实施例中，如果卫星数据消息的 SNR 不是常数，但是它的起伏程度超过一个预定的（或自适应的）门限值，则使用软判定数据的加权的和，其中加权系数正比于 SNR 的平方根。因此，例如，如果噪声电平是常数，而且如果通过实体接收数据帧致使第一帧比第二帧强 6 dB，则第一帧取样可以和三倍的第二帧取样相加。加权和的符号变成硬判定数据。这种方法可以使与处理卫星信号相关联的误差的概率降低，或甚至是最小。

应该理解，有几种确定噪声电平的方法。例如，在一个实施例中，通过观察在

(所接收的)信号幅度中的抖动来估计噪声电平。在另一个实施例中，可以使用噪声检测/测量的其它已知技术。

应注意，当SNR相当低，致使信号相位的正确跟踪成为不可能或不现实时，如上所述的差分解调对于增加卫星定位接收机的灵敏度特别有用。然而，当SNR相当高时，诸如相干求和之类的其它技术可以通过相当优良的结果。例如，可以估计奇偶校验位D30*的值，则可以使用该值使下面的子帧中的数据极性相反。结果，可以在产生的数据与接着的帧中的相应数据之间执行相干求和。

因此，在一个实施例中，卫星定位接收机使用一般较佳地适合于相当低的SNR情况的差分解调，以及一般较佳地适合于相当高SNR情况的其它技术（例如，相干调制）。在一个实施例中，根据作为通过计算机计算的SNR，选择合适的信号处理技术以处理卫星信号。另一方面，在一个实施例中，执行差分解调和至少一种其它技术，并根据预定的标准（criteria）或标准的设置（例如，SNR、相对误差等），选择一种技术的结果。

本发明一个方面的概要：

基于差分解调的误差检测

如上所述，可以通过差分解调和帧求和确定源数据位d1, d2, d3, …d24。一旦确定了源数据位，则可以要求执行奇偶校验以检测误差。例如，可以通过形成源数据位的线性组合和确定这种组合是否共同等于零来执行奇偶校验。然而，不能把源数据位的组合直接代入图2B的等式中，因为已经得到相邻等式的异或组合，如上所述，因此“破坏”了图2B的最后6个奇偶等式（即，D25, …D30）。

此外，图2B的等式的检查示出在最后6个等式（即，D25到D30）中出现的奇偶位D29*和D30*一般从一个字到一个字变化。因此，在其中组合邻近的/接连的取样的差分解调中一般将不通过奇偶等式的接连着的帧总和提供增益。例如，D25和D26的异或组合产生包括因子D29*和D30*的项，如上所述，一般它随机地从一个帧到下一个帧变化。因此，量D25和D26的一帧一帧地求和便会产生模糊的结果。

根据本发明的一个实施例，使用非邻近的/非接连的数据取样（即，它们之间至少具有一位周期间隔）的差分解调来执行误差检测。例如，参考图2B的等式，D24和D26的异或组合将产生序列 $d_2 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{18} \oplus d_{19} \oplus d_{21}$ ，由于D24和D26两者都包含奇偶位D30*而消去了。因此，可以使包含 $D_{24} \oplus D_{26}$ 的取样数据等于接连着的帧平均而产生并非模棱两可的结果。如此，可以检测在

任何 $D24 \oplus D26$ 的源数据项（即，d项）中的单个误差。

在相似的方式中，可以使用差分解调来产生与诸如D29*或D30*之类有一点随机变化的值无关的误差控制等式，所述差分解调产生几组余留的最后D项（例如D25和D30）的非接连的成对方式（异或）组合。根据本发明的一个实施例，一般为了检测单个误差，执行使用合适的取样间隔的差分解调，以产生包含所有24个源数据位（即， $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{24}$ ）的项。在一个实施例中，这通过执行差分解调来完成，以产生非接连的组合（所述非接连的组合产生 $(D24 \oplus D26)$ 、 $(D25 \oplus D27)$ 、 $(D26 \oplus D28)$ 和 $(D27 \oplus D30)$ ）。在另一个实施例中，可以使用其它组合和/或项，或嵌套的组合来产生所有的24个源数据位（即， $d_1, d_2, d_3, \dots, d_{24}$ ）以检测误差。如上所述，在一个实施例中共同信号取样的帧总和跟随在差分解调之后。

在另一个实施例中，执行误差检测的另外的方法。特别，在该另一个实施例中，使包含奇偶位D29*和D30*之一的经取样的数据乘以包含合适的一组D25和D30的取样数据。例如，使包含D29*的取样数据乘以包含D25（它包含D29*）的取样，而使包含D30*的取样数据与包含D26（它包含D30*）的取样组合。在这两种情况中，在相应的项的异或中产生取样的乘积，从而从相应的等式中消除D29*和D30*。为了执行这种误差检测，应该确定在卫星消息（或它的一部分）中的每个字的开始位置和/或结束位置。在一个实施例中，可以使用每个子帧的遥测技术字（它包含固定的数据码型）来执行这种数据边界同步。

在再一个实施例中，提供一种，例如，从一帧到一帧地重复的一部分数据中检测误差的方法。根据这种方法，对差分解调的结果和数据的两组隔开的帧的总和进行比较以确定它们是否是共同的。

在再一个实施例中，根据这里所描述的一种方法或几种方法的组合，通过估计在每个子帧的开始处发生的8个前置位确定存在相当高的误差率，以确定这些位的值是否等于以前已知的8位码型。

本发明一实施例概要：

组合与卫星载体信号相关联的共同信息

图4是根据本发明的一个实施例的流程图，说明用于处理至少一个卫星消息的一部分的方法。为了提供对图4中的方法400的理解，假设至少对于一个SV信号的至少一部分卫星信号处理时间间隔（假设是M个帧）执行PN跟踪、数据跟踪和频率跟踪。在一个实施例中，对于每个可以跟踪的卫星信号执行参考图4所描述的方法400。

在图4中，流程在402处开始并在420处结束。在404处，实体至少捕获一部分卫星信号。实体可以是移动的或固定的卫星定位接收机。在一个实施例中，实体是移动GPS接收机。在一个实施例中，实体可能进一步提供其它的特征，诸如蜂窝通信或其它类型的通信或数据处理特征。

在406处，通过除去PN使所捕获的信号去扩展，并对所接收到的信号的数据和频率进行跟踪。可以使用一个或多个数据和频率跟踪的已知技术。

在408处，对信号进行差分解调并存储与差分解调相关联的软判定。如上所述，卫星消息（或它的一部分）的差分解调（具有等于一个取样周期的延迟）包括使第N个取样与前一个或第（N-1）个取样相乘。在卫星信号处理方法中，软判定意味着在该点处存储电压而不是信号极性（即，硬判定）。在一个其中使用复数信号表示的实施例中，仅在数据的同相分量中保留软判定。

在410处，组合（例如，在一个实施例中的求和）软判定数据的帧（在一个实施例中它相当于电压）。当卫星消息是在参考图2A所描述的GPS格式中的情况下，总和包括把相应于间隔1500位周期（即，每帧30秒乘以50波特）的字的电压加在一起。因此，如果为了说明的目的假设用于图5的方法的信号处理时间间隔是M个帧，则对于相应于一帧的每个1500位周期对M个如此地隔开的电压求和。

在412处，根据软判定数据的组合帧的电压极性确定同相分量的硬判定。

在414处，执行同步。在一个实施例中，根据由遥测技术字（一般该字发生在每个子帧的第一字）表示的8位同步码型在子帧电平处执行同步（参考图2A）。一般每6秒产生一次同步码型，因此，对于上面提供的例子，在1500位帧周期中将产生5次。可以使用这种同步信息来定义每个子帧（特别是，数据（例如，帧）边界）的“位置”。

通过确定边界，可以在416中“读出”卫星数据消息。然而，例如仍可以把跟随在上述总和操作后面的卫星数据（例如，在410处）在格式d1, d1 ⊕ d2, d2 ⊕ d3, …d23 ⊕ d24中耦合。如上参考图3所述，可以执行接连的成对方式模块2或异或组合，对数据去耦合以得到源数据序列d1, d2, d3, …d24。

在另一个实施例中，如上所述，在多个SV消息之间的TOW总和可以把同步码型利用到估计时间（例如，一天的时间）和/或其它信息。

最后，在418处执行误差检测，如上所述。

在另一个实施例中，如果检测到相当高的SNR，则可以使用处理卫星信号的另外一种方法，它可以在一组SV上代替或连同差分解调和/或时间数据总和。例如，在一

个实施例中，根据前面第(N-1)字（即，图3的位D30*）的最后奇偶位，使GPS卫星消息的第N个字的最初24位相位反相的这个事实，允许“判定指向”解调。在本发明的该实施例中，估计奇偶位的相位，并利用估计值除去相位反相。因此，相干地跟踪输入信号的相位（例如，用Costas环路），因此，可以使用奇偶位的符号估计它的相位。假设s30*, s1, s2, …, s24是包括数据D30*, d1, d2, …, d24的信号取样，然后通过确定或估计该相位，可以使用诸如符号(s30*) × [s1…s24]或s30* × [s1…s24]以除去符号反相并允许数据的接连的帧彼此求和。

本发明一实施例概要：

在多个SV信号上组合共同信息

如上所述，另外的技术，即，当处理卫星定位信号时，可以分开或连同上述帧求和技术来使用信号（或它的一部分）的总和，以改进诸如卫星定位接收机之类的实体的灵敏度，所述信号是来自多个SV的，并具有与其相关联的共同信息（例如，与时间的相同例子相关联的信息，例如，通过指定相同的时间的例子）

图5是根据本发明的一个实施例的流程图，说明一种方法，用于根据在两个或多个SV信号上的共同信息来处理卫星定位信号。可以通过诸如独立SPS接收机、一体化SPS接收机之类的数种类型的卫星定位装置执行图5的方法500，和上述的那些方法，所述数种类型的卫星定位装置可以提供通信和/或其它数据处理功能等。在图5所示的方法500中，流程在502处开始并在522处结束。一般，图5的504、506和508分别模拟图4的404、406和408。然而在方法500中，在504处至少捕获两个卫星信号，而在上面参考图4所描述的方法400的404处，可以捕获一个（或多个）SV信号。

在510处，执行/得到子帧同步。如上所述，使用遥测技术字的同步序列和/或其它技术可以得到子帧同步数据。

在512处，对于每个子帧，从接收到的来自两个或多个卫星（SV）的一组卫星消息（或它的一部分）中的每一个卫星消息选择共同数据。在一个实施例中，从每个接连的子帧选择包含17个包括TOW信息的位的信号取样。

在514处，把每个子帧的两个或多个接收到的卫星信号的共同软判定数据总和在一起。例如，如果处理来自5个卫星的信号，则得到的在SNR中的增益可以高达5（或近似于7 dB）。应该理解，在这种求和中可以使用任何数目“看见”的SV信号。

在516处，通过硬限定(hardlimiting)经求和的位（即，保留经求和的位的极性）来估计每个子帧的共同数据。例如，在一个实施例中，其中共同数据包括包含

TOW信息（它是如上所述的17位）的时间数据，硬限定估计的结果将是17位。

在518处，把来自一个子帧的经求和的数据和相应于其它子帧的经求和的数据进行比较以确定一个一致的值。例如，如参考本发明的一个实施例所述，如果正在使用TOW数据，而且如果经估计的TOW值是无误差的，则接连的TOW应该只相差计数1。因此，在一个实施例中，处理在一个时间间隔上确定的许多经估计的TOW，以估计各个TOW值之间的一致性而确定TOW的最终值。对于一致数据（例如，TOW）值的数或百分数可以预定不同的门限值。例如，如果在一个实施例中门限值是60%，则如果正在处理5个SV TOW，则至少有3个应该彼此一致（即，指示相应于TOW字的相同时间）。另一方面，为了得到相对较小的误差率，可以把门限值设置成100%，致使所有经处理的SV信号相对于所处理的数据（诸如TOW）应该彼此一致。

在520处，输出或存储在520处确定的（一致）值。该值可以与时间相关联，如参考一个实施例所述，例如，其中确定TOW信息，因此可以使用TOW信息来确定诸如实体（例如，移动/固定GPS接收机）的位置之类的其它信息，所述实体正在处理卫星定位信号。

硬件概要

在本发明的各种实施例中可以发现本发明应用于许多处理卫星定位系统的装置中，特别是当处理卫星定位信号时具有相当低的SNR的移动接收机。

图6是根据本发明的一个实施例的SPS接收机方框图，它提供卫星信号处理。

在图6中示出的接收机600包括接收SPS信号的天线602。把来自天线602的SPS信号提供给放大SPS信号的放大器604。放大器604把经放大的信号提供给混频器606，所述混频器通过本地振荡器608馈送。混频器606产生通过中频RF级610处理的下变频SPS信号并把它提供给相关器系统612。把相关器系统612耦合到SPS导航计算机614，该计算机一般控制相关器系统612的操作，并可能控制本地振荡器608的操作，致使捕获并跟踪SPS信号，并且从SPS信号读出诸如卫星天文历数据之类的信息。这种信息可以包括和/或用于确定各种导航信息，包括接收机600的位置、基准时间（例如，GPS时间）等。根据本发明可以把接收机600使用于组合一个或多个卫星消息的两个或多个部分之间的共同信息，以确定在部分中诸如时间、位置等的导航信息。因此，导航计算机可以包括许多功能单元来执行一个或多个上述处理技术。例如，在一个实施例中，导航计算机600可以包括对卫星信号取样进行解调（例如，差分解调、相干解调等）的解调单元，以及对这种取样求和的总和单元。可以只用硬件实

现导航计算机614和包括在其中的功能单元，也可以使用硬件实现的电路和机器可执行的指令（例如，微代码、机器语言等）的组合。在一个实施例中，通过处理器（例如，一般用途数字信号处理集成电路）可以实现一个或多个如此的信号/数据处理功能单元。接着，可以把这种处理器连接到存储器，所述存储器可以存储数据和/或执行根据本发明的卫星信号处理的程序。

图7是根据本发明的一个实施例的方框图，示出可以用于处理SPS信号的一体化SPS接收机/通信机。如1997年9月2日颁发的发明名称为“处理GPS信号的GPS接收机和方法”的美国专利U. S. Pat. No. 5, 663, 734中所述（该专利在此通过引用作为参考），图7所示的一体化移动SPS接收机和通信系统700可以按接收机具有极高的灵敏度这种方式在所存储的GPS信号上执行特定形式的数字信号处理。该美国专利U. S. Pat. No. 5, 663, 734中所述的处理操作一般使用快傅里叶变换（FFT）典型地计算多个中间卷积，并把这些中间卷积存储在数字存储器中，然后使用这些卷积来提供导航信息（例如，至少一个伪距）。此外，系统700可以执行上述一个技术或技术的组合来组合一个或多个卫星信号的共同部分以确定导航信息。此外，系统700包括用于提供系统700和其它实体之间的通信的电路。

如在图7中所示，系统700包括两个天线：SPS天线702和通信天线714。SPS天线把一个或多个SPS信号提供给滤波器704，它接着使所接收到的SPS信号进行滤波并提供给RF—基带转换器705，该转换器把信号频率转换成极低（或零中频（IF））的载波频率。RF—基带转换器705把信号提供给模数（A/D）转换器706。A/D转换器706把所接收到的SPS信号的数字表示提供给处理器708。可以通过一般用途可编程数字信号处理（DSP）集成电路（IC）或微控制器，或专用数据处理电路来实现处理器708。一般，处理器708连同存储器710一起工作，以根据一个或多个上述技术处理SPS信号。例如，可以对一个或多个信号的部分进行差分解调，然后通过处理器708组合以确定导航信息。可以把这种导航信息存储在存储器710中，提供给输入/输出（I/O）单元712，和/或通过通信子系统716和通信天线714发送到其它实体，所述通信天线可以提供数字和/或模拟通信（例如，经由蜂窝和/或卫星通信网络）。在一个实施例中，系统700是一个移动单元，它根据一个或多个上述方法处理GPS信号。

图8示出根据本发明的一个实施例的系统，它包括SPS接收机、蜂窝电话站点、基站、互连网以及用户计算机系统。在一个实施例中，在图8中示出的系统800可以以下述方式操作。用户计算机系统812将通过诸如互连网810之类的网络把消息发送到基站808。例如，可以是请求帮助的消息。应该理解，可能在网络或互连网810中

插入路由器或计算机系统，它们传递对于特定移动SPS接收机的位置的请求。然后基站通过链路发送消息，所述链路一般，但是不是必须，是到蜂窝电话站点804的一个有线的电话链路806。然后蜂窝电话站点804使用它的天线或天线802把命令发送到组合的移动SPS接收机和通信系统816。作为响应，系统816 可以发送回信息，诸如伪距、与伪距相关联的时间、经度和纬度、和/或其它信息。蜂窝电话站点804可以接收这种信息并通过链路806发送回基站。

然后基站可以确定并精选诸如时间和/或SPS接收机的位置之类的导航信息，并把导航信息发送回SPS接收机和/或通过诸如互连网之类的网络发送到用户计算机系统812，在用户计算机系统中可能有它自己的映射软件，允许该系统的用户在映射图上看到移动SPS系统816的确实位置。

替代实施例

也可以把上述卫星消息的组合部分的技术应用于其它类型的SPS接收机结构。例如，可以把这些技术用于具有诸如在1997年2月11日提出的未定美国专利申请第60/037, 904号，和在1997年6月24日提出的未定美国专利申请第60/050, 647号，以及在1998年2月11日提出的未定美国专利申请第09/021, 854号中所描述的结构的SPS接收机。

已经通过几个实施例描述了本发明，熟悉本技术领域的人员将理解本发明不限于上述实施例。因此应该理解，在所附的权利要求书的精神和范围内的修改和变化都可以用来实施本发明的方法和装置。因此认为本描述是为了说明而不是对本发明的限制。

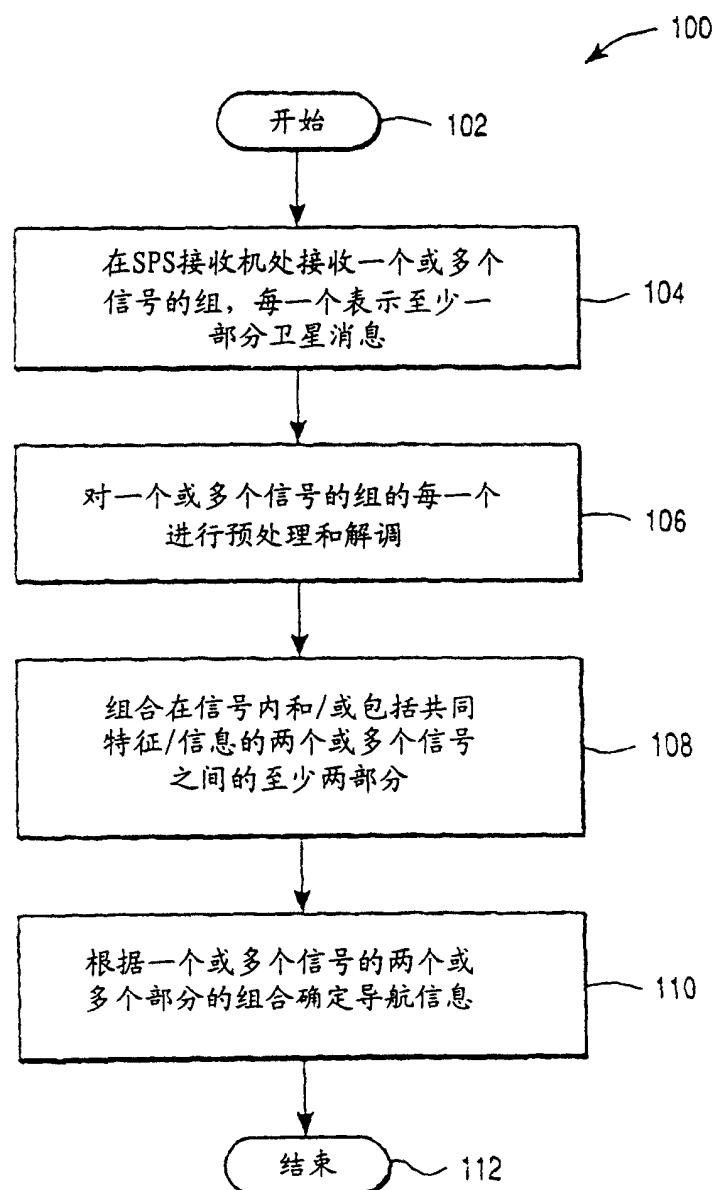


图 1

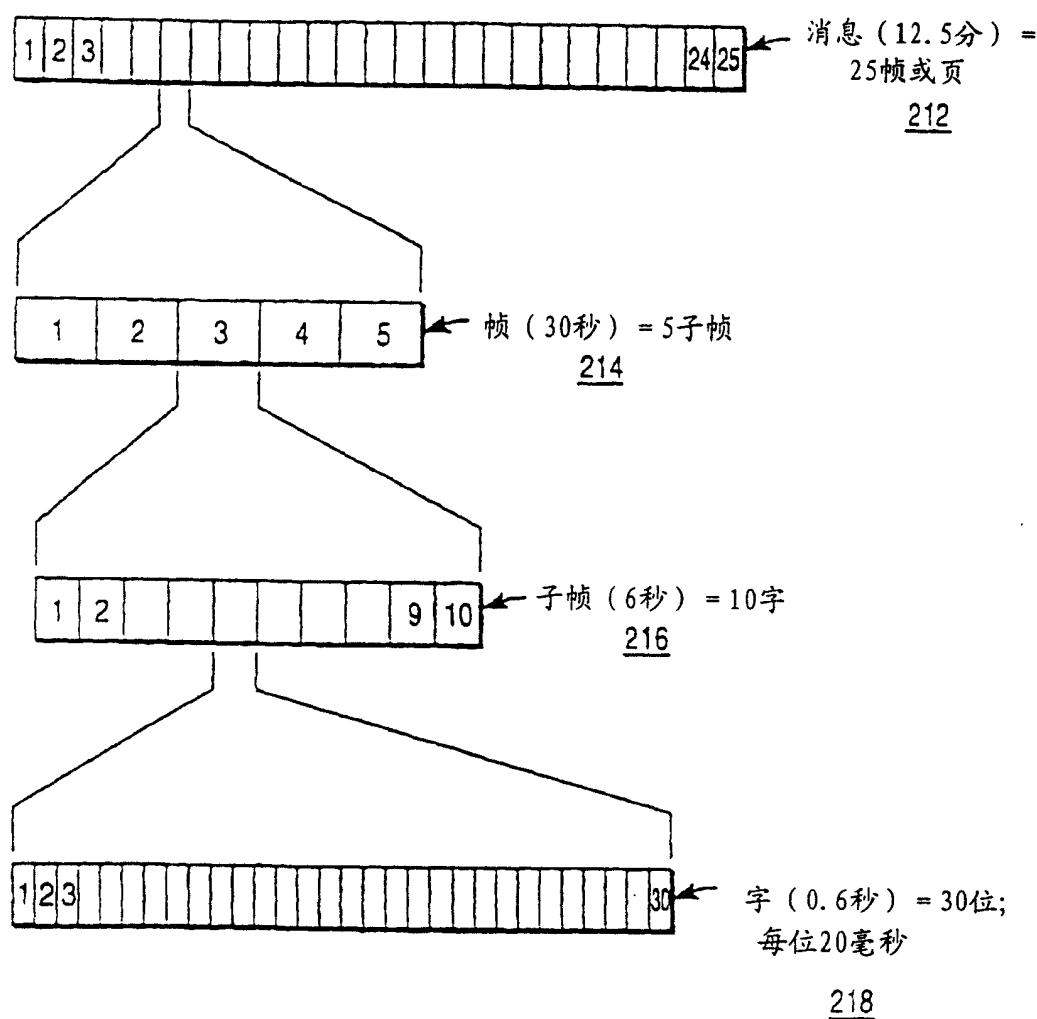


图 2A

$$\begin{aligned} D_1 &= d_1 \oplus D_{30}^* \\ D_2 &= d_2 \oplus D_{30}^* \\ D_3 &= d_3 \oplus D_{30}^* \\ &\vdots \\ &\vdots \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} D_{24} &= d_{24} \oplus D_{30}^* \\ D_{25} &= D_{28}^* \oplus d_1 \oplus d_2 \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_8 \oplus d_{10} \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{17} \oplus d_{18} \oplus d_{20} \oplus d_{23} \\ D_{26} &= D_{30}^* \oplus d_2 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_{11} \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{18} \oplus d_{19} \oplus d_{21} \oplus d_{24} \\ D_{27} &= D_{29}^* \oplus d_1 \oplus d_3 \oplus d_4 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_8 \oplus d_{12} \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{19} \oplus d_{20} \oplus d_{22} \\ D_{28} &= D_{30}^* \oplus d_2 \oplus d_4 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_8 \oplus d_9 \oplus d_{13} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{17} \oplus d_{20} \oplus d_{21} \oplus d_{23} \\ D_{29} &= D_{30}^* \oplus d_1 \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_7 \oplus d_9 \oplus d_{10} \oplus d_{14} \oplus d_{15} \oplus d_{16} \oplus d_{17} \oplus d_{18} \oplus d_{21} \oplus d_{22} \oplus d_{24} \\ D_{30} &= D_{29}^* \oplus d_3 \oplus d_5 \oplus d_6 \oplus d_8 \oplus d_9 \oplus d_{11} \oplus d_{13} \oplus d_{15} \oplus d_{19} \oplus d_{22} \oplus d_{23} \oplus d_{24} \end{aligned}$$

where,
 d_1, d_2, \dots 是源数据位

使用符号*识别子帧的第一个字的最后2位

D_{25}, \dots, D_{30} 是经计算的奇偶位

D_1, D_2, \dots, D_{30} 是卫星发送的位

\oplus 是模2或异或操作

图 2B

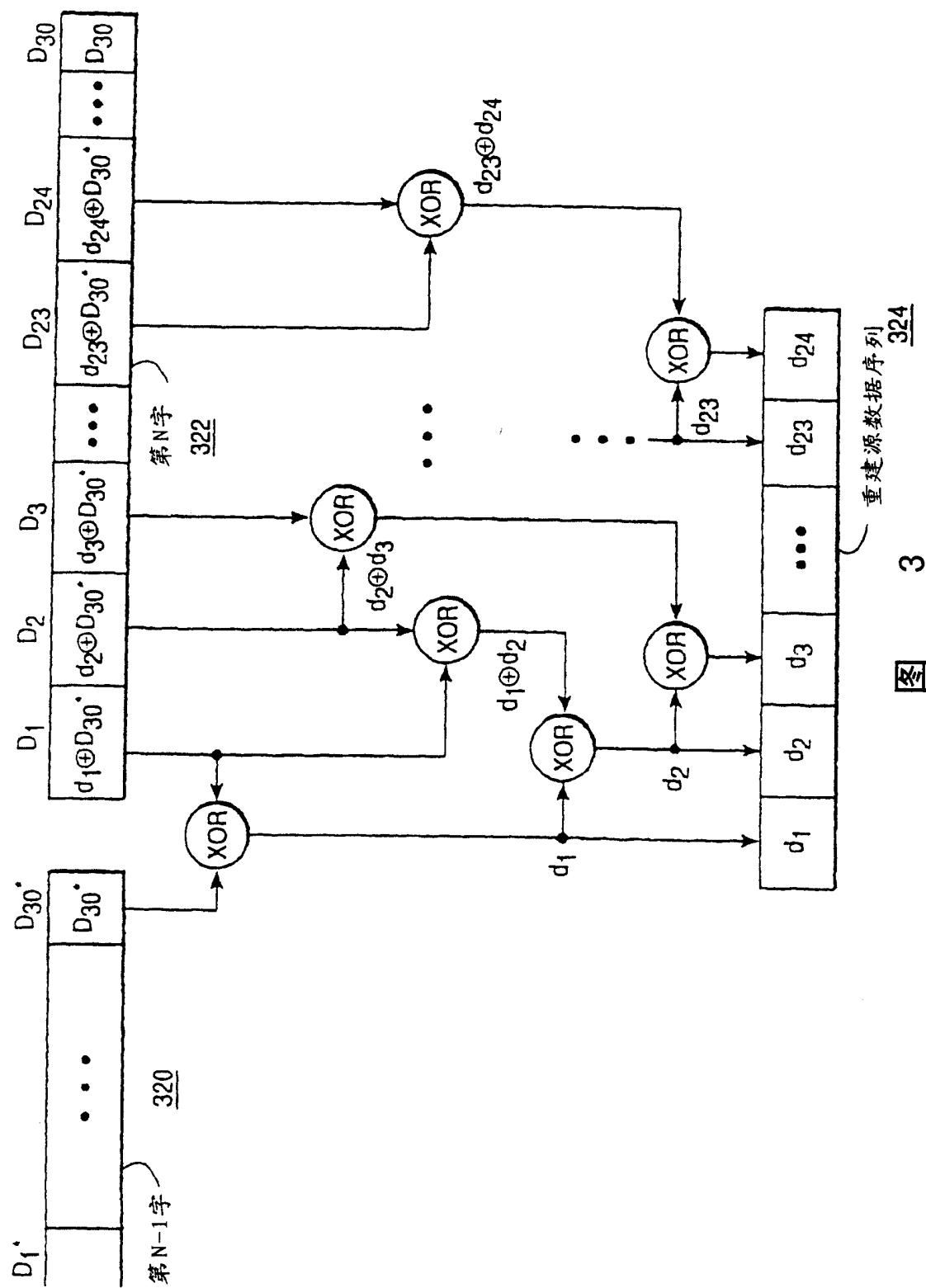


图 3

重建源数据序列
324

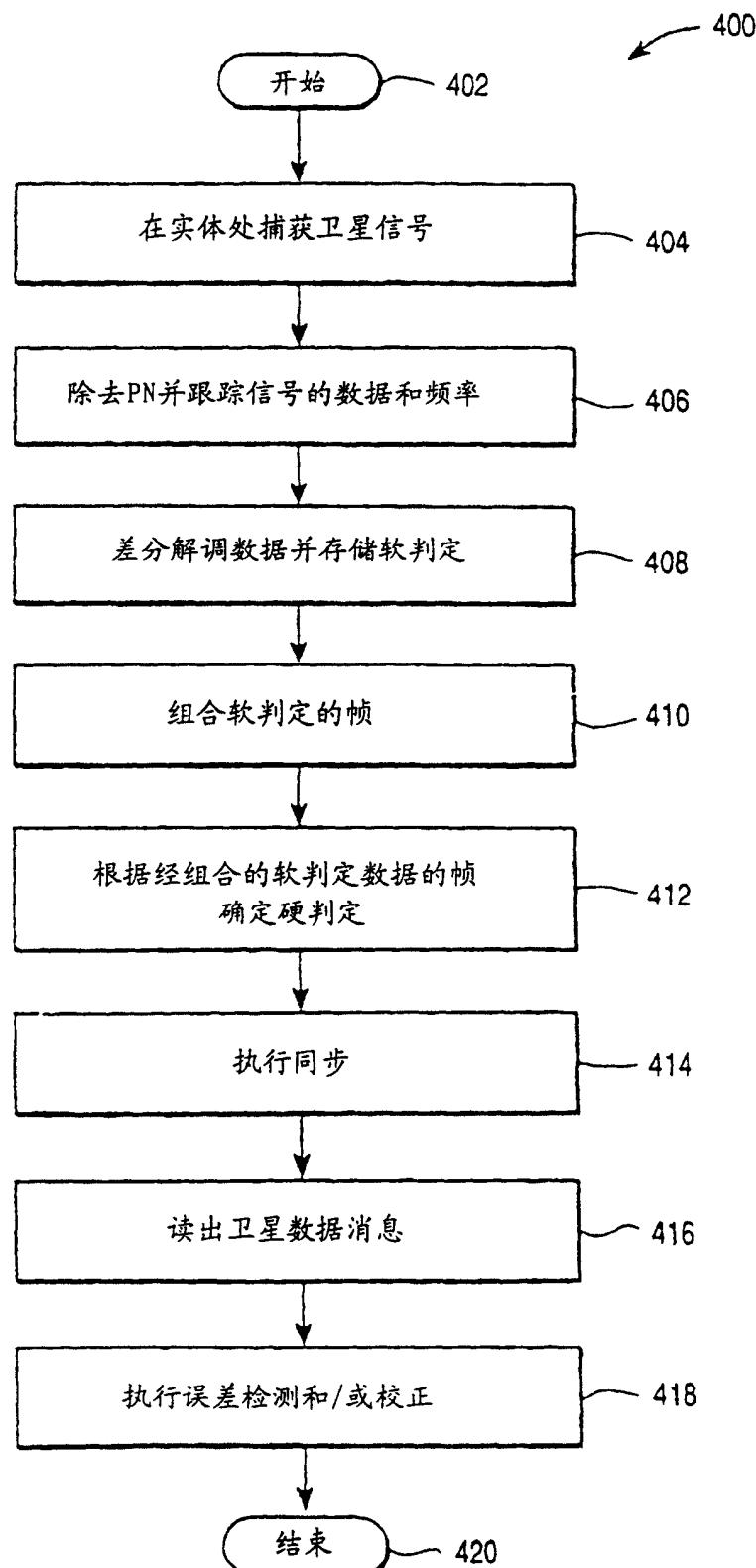


图 4

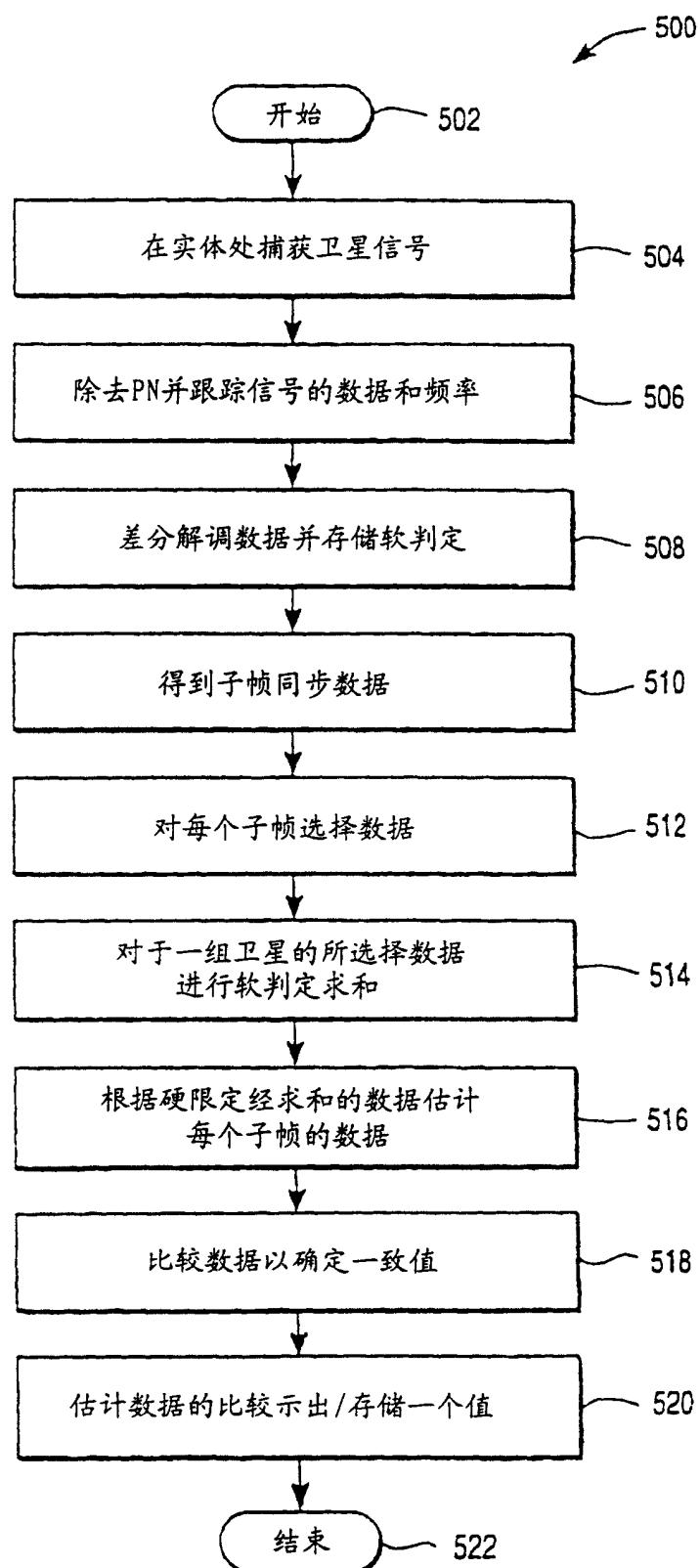


图 5

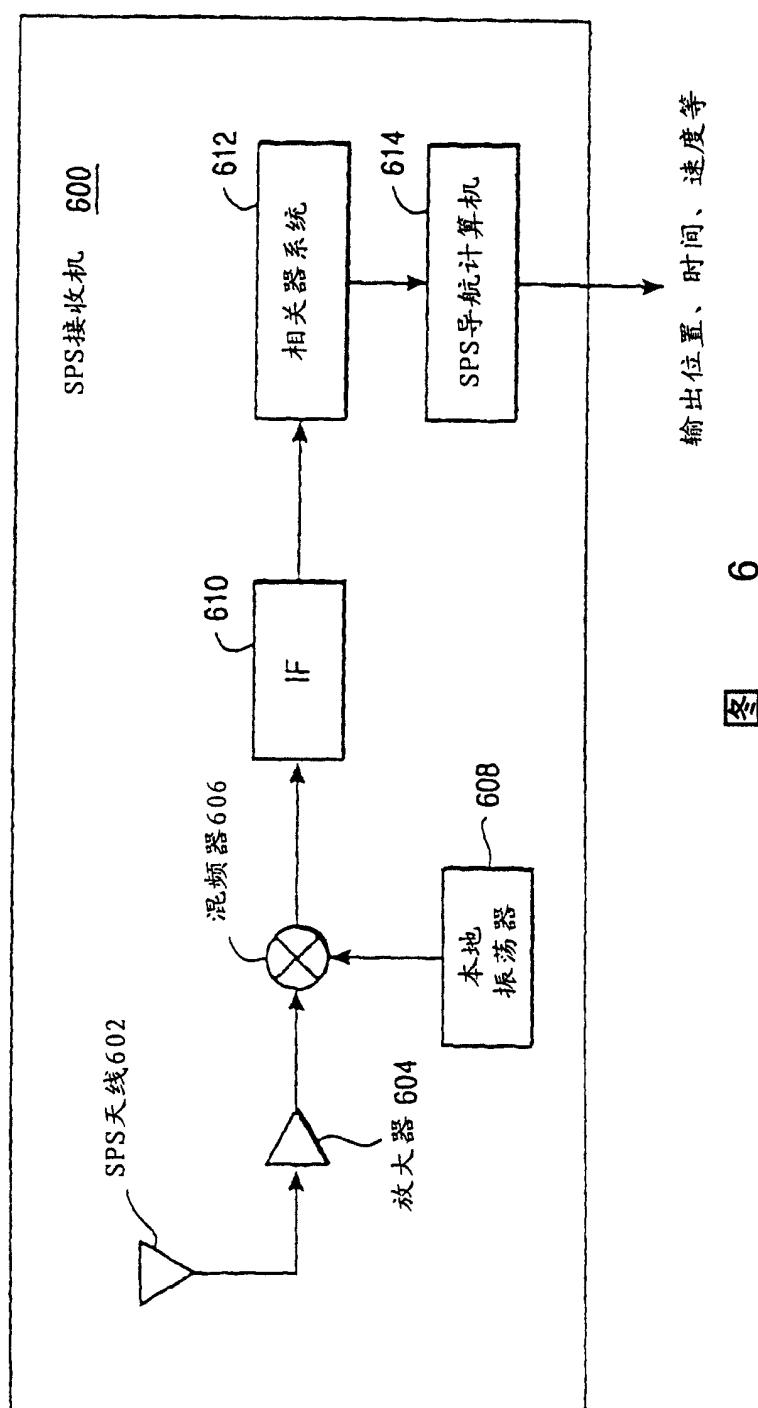


图 6

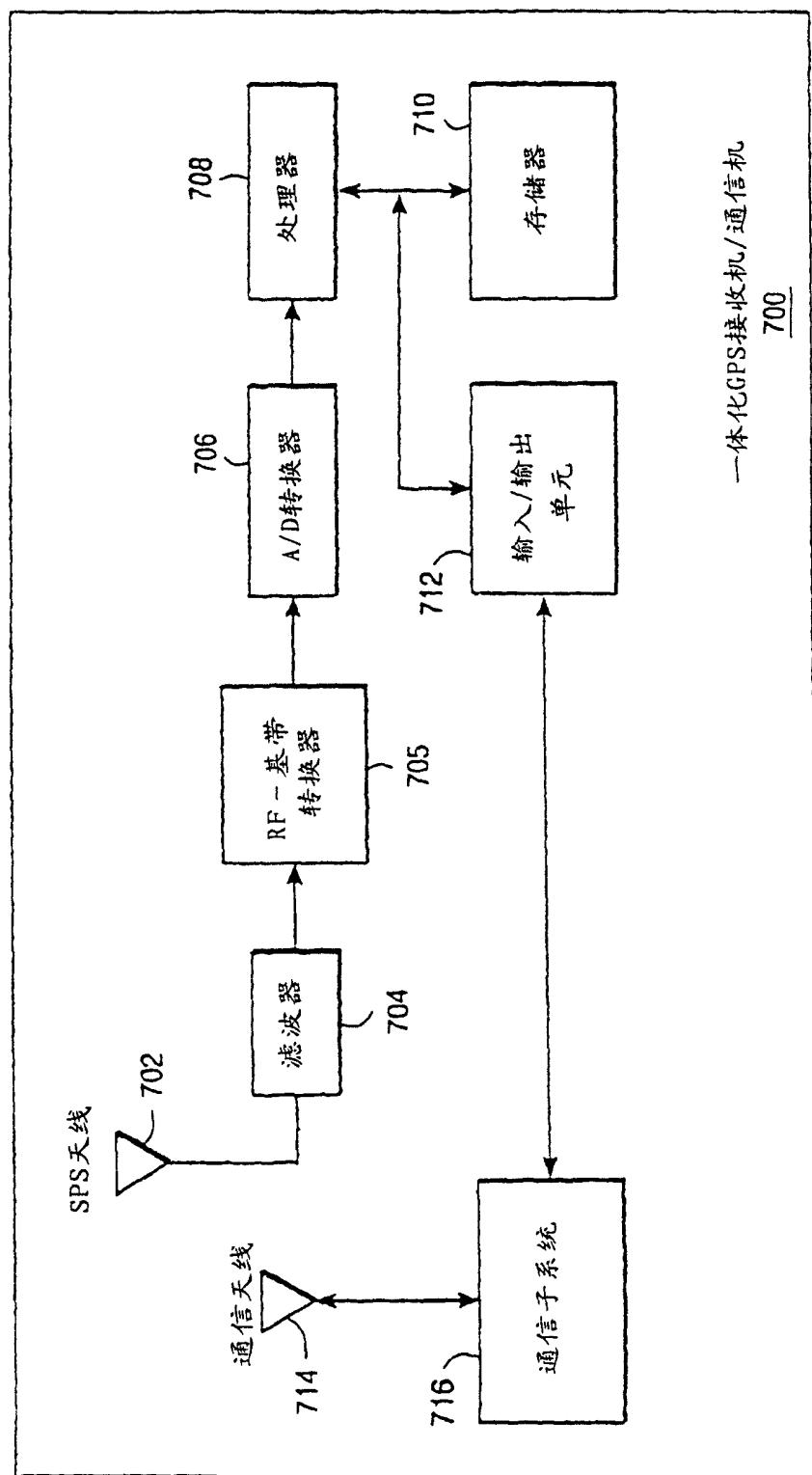


图 7

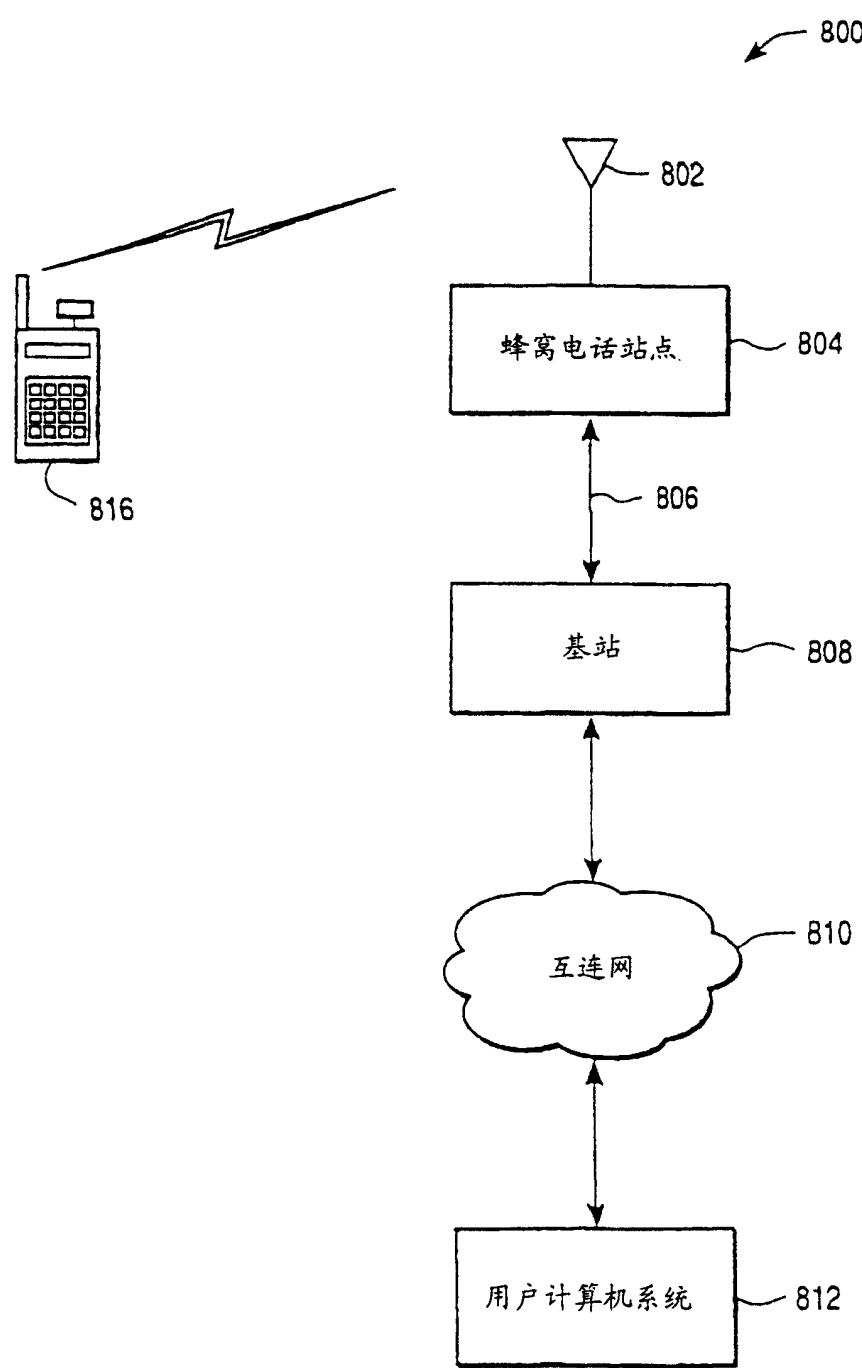


图 8