

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl⁷

B64G 1/10
H04B 7/185

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00128760.5

[43] 公开日 2001年3月21日

[11] 公开号 CN 1287944A

[22] 申请日 2000.9.14 [21] 申请号 00128760.5

[30] 优先权

[32] 1999.9.14 [33] US [31] 09/395265

[71] 申请人 环球星有限合伙人公司

地址 美国加利福尼亚州

[72] 发明人 R·A·维德曼

E·希尔斯菲尔德

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

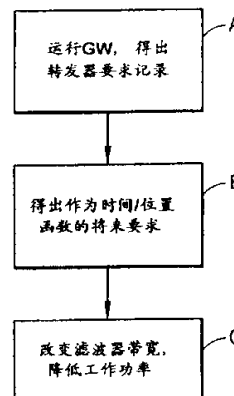
代理人 邹光新 王忠忠

权利要求书 3 页 说明书 18 页 附图页数 15 页

[54] 发明名称 低地球轨道卫星的动态卫星滤波器控制器

[57] 摘要

本发明所揭示的方法和系统用来降低一个包括一个 RF 转发器的通信卫星的功耗。这种方法有下列步骤：(a) 运行至少一个网关，得出一个作为至少一个业务地区的一部分内的时间和位置的函数的对转发器的要求的历史记录；(b) 利用这个历史记录，预测一个作为这个业务区内的时间和位置的函数的对转发器的将来要求；以及(c) 按照预测的将来要求改变转发器的输入滤波器的带宽，从而减少转发器放大的接收噪声量。



ISSN 1008-4274

权 利 要 求 书

1. 一种通信卫星，包括：

5 一个射频转发器，所述RF转发器包括串联连接在一起的一个接收天线，一个具有一个可程控带宽的输入滤波器，一个接收放大器，一个发送放大器，以及一个发送天线；以及

一个输入滤波器控制器，所述输入滤波器控制器有一个连接到所述输入滤波器的输出端，用来随着卫星沿地球轨道运动对滤波器带宽进行程控。

10 2. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，所述通信卫星还包括一个具有一个连接到所述输入滤波器控制器的一个输入端的输出端的卫星数据处理器，所述卫星数据处理器按照存储在所述卫星上的一个输入滤波器带宽程控时间安排使输入滤波器带宽按照这个时间安排受到程控。

15 3. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波器控制器按照从一个地面站接收、存储在所述卫星上的一个输入滤波器带宽程控时间安排使输入滤波器带宽按照这个时间安排受到程控。

4. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波器控制器按照从一个地面站接收的一个输入滤波器带宽程控时间安排使输入滤波器带宽按照这个时间安排受到程控。

20 5. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述接收天线接收来自多个用户终端的反向上行链路传输，而所述发送天线向一个地面站发送反向下行链路传输。

25 6. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波器控制器随着卫星沿地球轨道运动根据对转发器的历史要求程控输入滤波器带宽。

7. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波器控制器随着卫星沿地球轨道运动根据对转发器的预测要求程控输入滤波器带宽。

30 8. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波器控制器根据接到的在一个地面站控制器产生的命令实时程控输入滤波器带宽。

9. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波



器控制器根据接到的在所述卫星上产生的命令实时程控输入滤波器带宽。

5 10. 一种如在权利要求1中所述的通信卫星，其中所述输入滤波器控制器根据预先存储在一个卫星存储器内的命令程控输入滤波器带宽。

11. 一种降低一个包括一个RF转发器的通信卫星的功耗的方法，所述方法包括下列步骤：

运行至少一个网关，得出一个作为一个业务区的至少一部分内的时间和位置的函数的对转发器的要求的历史记录；

10 利用这个历史记录，预测一个作为这个业务区内的时间和位置的函数的对转发器的将来要求；以及

以及按照预测的将来要求改变转发器的输入滤波器的带宽，以减少转发器放大的接收噪声量。

15 12. 一种如在权利要求11中所的方法，其中所述改变步骤包括下列预备步骤：

按照预测的要求产生一个滤波器带宽程控时间安排；以及

将这个滤波器带宽程控时间安排存储在卫星的一个存储器内，以便在相对这个业务区内当地时间的预定时间改变输入滤波器的带宽。

20 13. 一种如在权利要求11中所的方法，其中所述改变步骤包括下列预备步骤：

按照预测的要求产生一个滤波器带宽程控时间安排；以及

将这个滤波器带宽程控时间安排存储在卫星的一个存储器内，以便在相对这个业务区内预定位置改变输入滤波器的带宽。

25 14. 一种如在权利要求11中所述的方法，其中所述预测步骤预测作为一个多波束转发器接收天线的各个波束的函数的将来要求。

15. 一种如在权利要求11中所述的方法，其中所述预测步骤预测作为一个多波束转发器接收天线的各个波束的函数的将来要求，而所述改变步骤按波束逐个改变带宽。

30 16. 一种运行一种移动卫星通信系统的方法，这种移动卫星通信系统包括一个由一些各有一个将来自用户终端的RF信号转送给一个网关的反向链路转发器的通信卫星构成的星座，所述方法包括下列步骤：

运行多个网关的各个网关，使得每个网关得出一个作为本网关服



务的业务区的一部分内的时间和位置的函数的对转发器的要求的历史记录;

利用这些历史记录, 预测一个作为这个业务区内的时间和位置的函数的对这个星座的每个卫星的转发器的将来要求; 以及

5 按照预测的将来要求改变这个星座的每个卫星的转发器的至少一个输入滤波器的带宽, 减少转发器放大的接收噪声量。

17. 一种如在权利要求16中所的方法, 其中所述改变步骤包括下列预备步骤:

按照预测的要求产生一个滤波器带宽程控时间安排; 以及

10 将滤波器带宽程控时间安排存储在卫星的一个存储器内的预备步骤, 以便在相对业务地区当地时间的预定时间的至少一个时间或在业务地区内的一个预定位置改变输入滤波器的带宽。

18. 一种如在权利要求16中所述的方法, 其中所述预测步骤预测作为一个多波束转发器接收天线的各个波束的函数的将来要求, 而所述改变步骤按波束逐个改变带宽。

19. 一种如在权利要求16中所述的方法, 其中所述得出作为时间和位置的函数的对转发器的要求的历史记录的步骤还考虑使用转发器的终端的类型。

20. 一种通信卫星, 包括:

20 一个正向链路RF转发器, 所述正向链路RF转发器包括串联连接在一起的一个馈送上行链路接收天线, 一个接收放大器, 一个具有一个可程控带宽的滤波器, 一个发送放大器, 以及一个业务下行链路发送天线; 以及

25 一个滤波器控制器, 所述滤波器控制器具有一个连接到所述滤波器上的输出端, 用来随着卫星沿地球轨道运动对滤波器带宽进行程控, 以便减少馈送上行链路干扰对业务下行链路发射功率的影响。

说明书

低地球轨道卫星的动态卫星滤波器控制器

5 本发明涉及基于转发器的通信系统，具体地说，涉及优化在诸如采用一个或多个卫星转发器（例如“弯管（bent pipe）”通信卫星）的移动卫星通信系统之类的基于转发器的通信系统中的用电。

卫星和陆地通信系统用于个人电话语音、数据通信，定位，及其他移动和固定通信。这些系统按照经济实用、市场覆盖和技术实现情况部署。

10 为通信服务的卫星通常在低地球轨道（LEO）或中地球轨道（MEO）上，也有在对地同步轨道（GEO）上运行。这些卫星具有两种基本类型，或者有星上处理功能，或者就起着弯管转发器的作用。传统的弯管转发器类型通常含有一些线性或限幅应答器，它们收到来自陆地网关的信号后就向用户终端（通常是在许多发送正向链路或下行链路波束内）
15 转发这些接收信号。同样，弯管转发器收到从部署在地球上的用户终端在各个反向链路或上行链路波束中发来的信号后就向一个或多个陆地网关转发这些信号。

在这些现有技术的卫星通信系统中，如图1A所示，卫星转发器1通过连接到接收机5内低噪声放大器（LNA）4的接收天线3A在一个返回上行
20 链路中接收来自处在地面的用户终端（UT）2的信号。通常，卫星转发器1有一个设置在LNA 4前的滤波器6，用来抑制有用接收带宽以外的噪声，以便减少互调产物和降低加到卫星转发处理的干扰信号输入及其他有害输入。在返回上行链路中输入卫星转发器1的信号由滤波器6的固定带通特性确定，因此应答器1的返回（上行链路）带宽通常固定在某
25 个值。这个带宽可以宽到包括为卫星上行链路规定的全体频率，也可以通过信道化成一些子频带来减小。在任何情况下，所用频率总数取决于占用的上行链路频率，以及取决于未占用的只有噪声的带宽。在返回上行链路带宽内与来自各个UT的有用信号一起出现的有热噪声、人为噪声和其他噪声或有害信号，它们输入天线3A，通过输入滤波器6
30 进入LNA 4。这些输入噪声和有害信号与有用信号一起经LNA 4放大后传送到变频设备7，再经（线性或限幅转发器的）下行链路放大器8传送给发送天线3B。下行链路放大器8对输入的所有信号进行放大。也就是



说，频带内的有用信号的能量和有害上行链路噪声和信号的能量两者都得到放大，没有任何区别。这样，放大频带的未使用部分所需要的能量实际上只是放大有害噪声和干扰信号，因此造成卫星能量的浪费。卫星供电系统9用电源10产生的能量为转发器供电，电源10可以包括星
5 上的太阳能电池阵和电池。放大有害噪声所需的能量无疑表示浪费的卫星供电系统9的容量。浪费容量导致要求卫星供电系统9，因而还有卫星转发器1，有较大的质量，这就增大了将卫星推入轨道的成本。

具体地说，使卫星的功耗最小是很重要的，因为可得到的只有有限的能量。通常，对于一个非地球同步通信卫星系统来说，从卫星星
10 座可得到的功率确定在环绕地球从时区到时区运行时最忙的小时可以支持的线路数量。因此，在任何时刻，在一个区域上按轨道运行的卫星可以为这个区域提供一定量的线路，这取决于几个因素：电源系统的状态，覆盖这个区域的卫星的数量，以及可供使用的频谱量。假设频谱量不限制功率的传送，那么前两个因素就占支配地位。

太阳能发电设备是很昂贵的，因为作为太空电池它不但造价高，而且由于通常是很重的，发射费用也大。卫星发射费用主要取决于需要升空的重量。因此，以瓦特和瓦特小时计的功率相当程度地决定了一个系统的财务可行性。为了使终端的电池的重量减到最小和使航天电源系统的费用和重量减到最小，只发送接近有用RF链路总数所必需
20 的最小功率是有益的。

本发明的第一个目的和优点是提供一种优化卫星上用电的改进系统和方法。

本发明的第二个目的和优点是提供一种按照若干有用信道或有用信道带宽有选择地设置返回链路(上行链路)带宽的技术。

本发明的第三个目的和优点是提供一种根据实际或预期发生的通信业务量和/或根据话务总量改变返回上行链路滤波器带宽的技术，以便优化卫星上的用电和减少卫星上耗费的轨道平均功率，因而减小了卫星供电系统的尺寸和质量。

本发明的另一个目的和优点是提供一种根据实际或预期或预测的
30 要求有效地调谐返回上行链路转发器带宽的技术，以便通过减小所需太阳能电池阵和电池尺寸降低电源系统成本。这还降低了发射费用以及对电池的依赖，从而又有利地降低了电池循环。

本发明的又一个目的和优点是提供一种不时自动地考虑领示信道的技术。

用按照本发明的实施例所述的方法和装置可以克服上述及其他问题，实现本发明的这些目的。

5 按照本发明构成和工作的卫星转发器有选择地控制返回上行链路带宽，减少接收输入噪声和有害信号，因而优化通讯卫星的电力需求量，克服了上述及其他问题。返回上行链路带宽的控制可以接近实时地进行，也可以将控制程序预先编入一个位于星上或地面的控制器。带宽控制最好通过配置一个例如通带动态和连续可控的接收机输入带
10 通滤波器来实现。然而，在本发明的其他实施例中，带宽控制可以通过配置一个根据需要接入电路的滤波器组来提供。

所揭示的方法和装置通过降低接收输入噪声和有害信号来降低卫星上的用电。为此，通过随着卫星沿地球轨道运动发出命令或按照预先编制的程序减小接收频带带宽来避免卫星转发器转发有害信号和噪
15 声。本发明可以用于多种的卫星转发器设计，包括例如提供移动卫星业务的近地轨道（LEO）卫星系统中的卫星转发器。

按照本发明，返回或反向链路（用户终端到网关）卫星转发器的输入滤波器按照预先或实时确定的要求改变带宽，正确放大和传送有用的反向上行链路信号。按照需用频道的数目或带宽改变或减小带宽降
20 低总接收信号中的输入噪声分量，从而至少节省了反向下行链路发射机的功率。星上带宽控制器配置了一个改变输入滤波器带宽的装置，它可以切换或连续控制输入滤波器带宽。输入滤波器带宽的改变可以是按照时间或卫星的位置预先编程的，也可以是不变的，或者是实时的。按照本发明，可以通过地面站直接发命令或通过定期上载查找表
25 实时控制输入滤波器带宽，因而消除或降低了对星上带宽控制器进行控制的卫星控制处理器的要求。

所揭示的一种方法用来降低包括一个RF转发器的通信卫星的功耗。这种方法包括下列步骤：（a）运行至少一个网关，得出作为在至少一个业务地区的一部分内的时间和位置的函数的对转发器的要求的历史记录；（b）利用这个历史记录，预测作为在这个业务地区内的时间和位置的函数的对转发器的将来要求；以及（c）按照预测的将来要求改变转发器的输入滤波器的带宽，减少转发器放大的接收噪声量。
30



所述改变步骤包括按照预测要求产生一个滤波器带宽程控时间安排以及将滤波器带宽程控时间安排存储在卫星的一个存储器内的预备步骤，以便按存储的滤波器带宽程控时间安排在相对业务地区当地时间的预定时间和/或在相对业务地区的预定位置改变输入滤波器的带宽。

5

所述预测步骤预测与多波束转发器接收天线的各个波束有关的将来要求，而所述改变步骤最好按波束逐个改变带宽。

此外，本发明还提供一种通信卫星，这种通信卫星包括串联在一起的：一个具有一个馈送上行链路的接收天线的正向链路RF转发器，一个接收放大器，一个具有一个可编程带宽的滤波器，一个发送放大器，以及一个业务下行链路发送天线。有一个滤波器控制器具有一个连接到滤波器上的输出端，按卫星沿地球轨道运动对滤波器带宽进行程控，以便减少馈送上行链路干扰对业务下行链路发射功率的影响。

10

以上提出的及其他的本发明的特性将结合附图进行详细说明，在这些附图中：

15

图1A为示出按照现有技术构成和运行的移动卫星系统的卫星转发器的一般工作情况的方框图；

图1B为示出按照本发明构成和运行的移动卫星系统的卫星转发器的一般工作情况的方框图；

20

图2A - 2D分别为有代表性的现有技术卫星转发器的原理图；

图3为按照本发明的一个实施例配置的典型卫星的方框图；

图4示出了各个不同的卫星轨道配置和覆盖区；

图5为包括卫星、用户终端和网关的方框图，用来示出正向和反向业务(话务)和馈送链路；

25

图6为简化的系统整体示意图；

图7为图3所示卫星的返回链路转发器的原理图，而且还示出了典型的波束方向图；

图8为在图6中首先示出的地面操作控制中心的方框图，而且还示出了它的外部连接；

30

图9为在图6中首先示出的卫星操作控制中心的方框图，而且还示出了它的外部连接；

图10示出了一个卫星的示范的单个轨道，其中示出了卫星在单个

轨道内在不同的当地时间所在的若干位置，还示出了对卫星反向链路转发器的话务(要求)的改变；

图11图示了作为图10所示的卫星的三个波束的时间函数的话务量和相应的滤波器配置；

5 图12示出了48个各有16个波束的卫星星座的瞬态图，其中带宽比最小激活带宽大的波束加黑示出；

图13示出了另一个卫星实施例，它包括一个星上话务量检测系统；

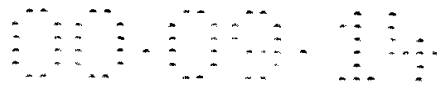
图14为按照本发明降低一个包括RF转发器的通信卫星的功耗的方法的逻辑流程图；以及

10 图15为按照本发明的另一方面配置的具有可调谐或可切换窄带滤波器的正向链路转发器的简化框图。

首先参见例示可用于本发明的各个实施例的图4、5和6，图中示出了非地球同步卫星(NGSO)和地球同步卫星(GEO)星座、轨道和它们的关联覆盖区(图4)、用户终端(UT) 2的简化框图，网关(GW) 18、
15 卫星1的正反向转发器(图5)、以及移动卫星通信系统(MSCS) 20的整体简图(图6)。虽然说明是以MSCS 20为背景进行的，但是精通本技术的人员可以理解，本发明的教导也可以应用于某些地上通信系统。

MSCS 20包括：至少一个但通常是许多个无线用户终端(UT) 2，至少一个但通常是若干个通讯卫星1，以及至少一个但通常是若干个通信地面站或网关(GW) 15。
20

这可参见，例如，Robert A. Wiedeman以及Paul A. Monte的美国专利No. 5,526,404 “世界范围卫星电话系统以及分配卫星和陆地资源的网络协调网关”(“Worldwide Satellite Telephone System and a Network Coordinating Gateway for Allocating Satellite and
25 Terrestrial Resources”)，Robert A. Wiedeman的美国专利No.：5,303,286 “无线电话/卫星漫游系统”(“Wireless Telephone/Satellite Roaming System”)；Robert A. Wiedeman和Michael J. Sites的美国专利No 5,619,525 “近地轨道卫星通信系统的闭环功率控制”(“Closed Loop Power Control for Low Earth Orbit
30 Satellite Communications System”)；以及Robert A. Wiedeman的美国专利No. 5,896,558 “交互型固定和移动卫星网”(“Interactive Fixed and Mobile Satellite Network Satellite Network”)，以



便理解可以受益于本发明原理的诸如近地轨道(LEO)卫星系统之类的卫星通信系统的各个实施例。这些美国专利所揭示的在这里都列为参考加以采用,只要它们不与本发明的教导冲突。

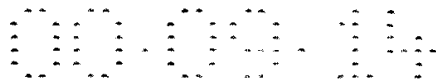
5 参看图5,所示UT 2包括一个或多个发送与接收RF信号的业务链路天线以及分别连接到这些天线上一个RF发射机(TX) 2A和一个RF接收机(RX) 2B。UT 2还包括一个电子设备2C,它通常含有一个由一个或多个微处理器和所配合的存储器和支持电路组成的控制器,包括所需的输入和输出语音变换器(用于一个语音终端),以及包括一个语音编码器和一个语音解码器和/或数据传输能力。如在这种技术中所知,
10 通常还包括调制器、解调器、交织器、解交织器等等。

UT 2能以全双工方式工作,通过例如L波段RF链路(返回上行链路)和S波段RF链路(正向下行链路)与卫星1的适当转发器通信。返回L波段链路可以在1.61 - 1.625 GHz的频带内工作,带宽为16.5 MHz,可以用成分组的数字语音信号和/或符合目前优选的直接序列(DS)码分多址(CDMA)扩频技术的数据信号调制。正向S波段下行链路可以在
15 2.485 - 2.5 GHz的频带内工作,带宽为16.5 MHz。正向链路可以在GW 18按照DS - CDMA扩频技术调制。

典型的GW 18还包括用于发送与接收射频信号的馈送链路天线(通常是波束可控制的抛物面天线),以及分别连接到这些天线上一个RF
20 发射机(TX) 18A和一个RF接收机(RX) 18B。GW 18还包括一个电子设备18C,通常它含有一个由一个或多个微处理器和所配合的存储器和支持电路组成的GW控制器、以成排的语音编码器和语音解码器等等实现的语音处理电路,以及数据传输能力。

因此,GW 18通过例如在频率通常在3 GHz以上的一个范围(例如C
25 频带或Ka频带)内工作的全双工RF正向馈送链路和返回馈送链路用卫星1通信。双向馈送链路也可以用来传送对卫星1的卫星命令以及遥测信息,或者可以采用独立的控制和遥测天线15来传送(参见图3)。

卫星1包括:一个由一个馈送上行链路接收机2A和一个业务下行链路发射机2E组成的正向业务链路(GW到UT) 10转发器,以及一个反向
30 业务链路(UT到GW)接收机2C和一个馈送下行链路发射机(2D)。本发明主要涉及业务上行链路接收机2C的运行和结构,以及它实现的馈送下行链路带宽转换。

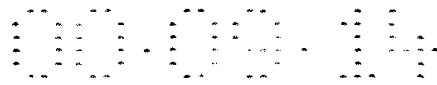


卫星1是如图4所示的可以是NGSO或GSO星座的一个卫星星座的多个卫星中的一个卫星。在这个优选实施例中，这个星座是NGSO类型的，但是这并不是说本发明的实践局限于NGSO。

具体地说，MSCS 20的空间部分包括一个由这些卫星1构成的星座。
5 这些卫星1可以分布在一些环绕地球的非同步轨道(NGSO)上，例如分布在低地球轨道(LEO)、中地球轨道(MEO)、Molniya或其他轨道上。卫星1的星座也可以配置在地球同步轨道(GSO)上。每一个轨道卫星提供一个相应的地球表面覆盖区。每个覆盖区可以包括从一个到许多个有任何适当形状的波束。例如，NGSO覆盖区受到16个点波束的照射。
10 这些与NGSO卫星1相应的覆盖区按照这些卫星的轨道扫过地球表面。相反，GSO轨道卫星覆盖区域在地球表面上呈现为固定的。然而，所说明的本发明也适用于GSO卫星的固定覆盖区，这从以下对本发明的说明中可以清楚地看出。

现在再来看图6，空间部分各轨道卫星1的覆盖区的总和为MSCS 20
15 提供了一个总覆盖或业务区域。在这个优选实施例中，由卫星1的星座提供的总覆盖区基本上覆盖了地球的表面。此外，与一些卫星1相应的各覆盖区可以重叠，使得MSCS 20总覆盖区内的任何给定位置都可以处在最好是两个或更多个卫星的交叠覆盖区内。例如，这个星座可以包括总共有48个卫星1部署在1414km的LEO上。这些卫星可以分布在
20 8个轨道平面内，每个平面有6个等间隔的卫星(Walker星座)。这些轨道平面可以相对赤道倾斜52度，每个卫星在各自轨道上通常每114分钟完成绕地球一周。这种分布提供了大致全地球覆盖，在总覆盖区内南纬70度左右到北纬70度左右之间的具体位置在任何给定时间都能看得见至少两个卫星。

25 总覆盖区包括若干业务区B 30和C。在这个优选实施例中，这些业务区可以是例如世界的各地面区域。在每个业务区B、C内有一个或多个部署有一些用户终端2的话务区A - n。虽然在图6中示出的是5个话务区，但其中可以有許多话务区。话务区A - n是全球性分布的，因此，由于诸如时间和时区的白天与夜间的演变、大体人口密度和用户
30 呼叫习惯的变异之类的因素，从各话务区发射的瞬时反向业务链路信号存在差异。卫星1的总覆盖区也可能包括一个或多个处在业务区B、C之间、通常包围业务区的非业务区域(UA)。这些非业务区域可以是



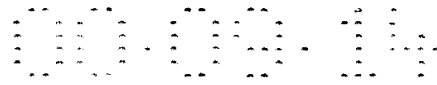
海洋或大部分几乎没有话务要提供的大片陆地。此外，可能有一些区域，其中没有开设MSCS 20服务的行业余地，这些区域也可以被归入非业务区域。

5 图5中所示的网关电子设备18C还假设为包括一个提供与地面数据网(GDN)24连接的网关接口(GWI)，网关18通过这个地面数据网与一个地面操作控制中心(GOCC)22可能还有其他网关通信。GWI还提供与一个或多个诸如公众电话交换网(PSTN)25之类的陆地电话和数据通信网的连接，从而各个UT 2可以通过陆地电信网与任何有线或无线电话或另一个UT连接。

10 GDN 24可以完全由地面链路或至少部分通过卫星链路传送。此外，GDN 24可以包括一些在卫星星座本身内的链路。GOCC 22提供全部的通信控制以及星座资源的规划、分配和控制。卫星转发器的配置由一个还连接到GDN 24和GOCC 22的卫星操作控制中心(SOCC)26控制。SOCC 26通过GDN 24连接到一个或多个遥测跟踪和指令站(TT&C) 28
15 上。TT&C站28接收卫星1通过遥测下行链路17发来的遥测数据，通过与控制有关的上行链路16将命令转给卫星(参见图3)。这些链路可以用独立的频率或在GW 18向UT 2发送的带宽内。单个TT&C站可以同时控制许多不同的卫星，它可以是一个独立的单元或者是一个与一个GW 18配合的单元。几个TT&C站可以提供全世界覆盖，然而，可以利用单个
20 TT&C站在有或者没有卫星交联的情况下控制整个星座，因为这个优选的LEO星座使所有的卫星1都能定期被这个TT&C站28看见。

网关18可以知道与它连接的用户终端2的话务量。网关18产生一个对于各个用户终端的每个连接的详细呼叫记录。在一个优选实施例中，可利用的还有用户终端类型，诸如是手持、移动还是固定终端之类，
25 以及功率类型及其他信息。因此，各个网关18知道各钟点用户终端2可用频谱的利用情况、按照话务量惯用模式随机呼叫的是哪些用户。这些信息由网关18收集、总计、预处理和格式化后通过GDN 24发送给GOCC 22。因此，所有网关18都向GOCC 22提供与话务量有关的信息及其他信息，或者接近实时或者将这些信息存储一段时间以后(例如，一个小时
30 或者一天)稍后传输给GOCC 22。

例如，GW 18在处理一个呼叫或者为一个用户在系统上登记接入时，执行对这个用户的定位。对于GW 18来说就知道这个呼叫的位置、



话务量、终端类型及其他技术数据。GW 18可以统计出来自它的业务区的子区域的所有话务量，加以预处理后发送给GOCC 22。于是，GOCC 22就能够利用按输出终端类型得出的与位置相关的业务量信息分析和研究出一个操作卫星1的规划，或者也可以忽略不计终端类型直接得出。

5 在本发明的一个优选实施例中，可以将一个或多个如图2A-2D中所例示的各种转发器（将在下面详细说明）联合配置在MSCS 20的每个卫星1的返回转发器内，以便执行不同的功能和允许实现各种工作状态。特别是，在本发明中，每个卫星1的返回转发器都可以利用再生和准线性两个转发器来执行信号路由选择，如在下面还要详细说明的那样。

10 正向转发器如图15所示，也将在下面详细说明。

 现在来看图1B和3，其中在图1A中也可看到的器件作了相应编号，卫星返回转发器输入滤波器6修改成了一个可编程的滤波器6A。每个卫星1的返回转发器的输入滤波器6A可以是带通型、低通或高通型、带阻型或者这些的任何组合，形成一个受合成器控制的带宽。或者，可以

15 采用以各种技术实现的各个滤波器带宽，根据命令接入接收机通路。

 输入滤波器6A连接到一个带宽控制器12上，而带宽控制器12连接到卫星控制处理器11上。带宽控制器12可以按照返回上行链路内有用输入信道的数目改变输入滤波器GA的带宽。输入滤波器GA可以由带宽控制器12切换或连续控制，改变输入滤波器带宽(或滤波器类型)。此外，由带宽控制器12执行的切换可以包括通过在例如一个网关18的控制下将来自一个或多个返回链路波束的输入信号引导到一个等效负载来消除这些返回链路波束。最好是带宽控制器12由也是配置在卫星1上的卫星控制处理器11操作，然而带宽控制器12也可以由一个适当的地面控制器操作(从而能实时进行带宽控制)。带宽控制器12还可以由一个作为控制站的地球同步卫星或其他高轨道型卫星操作。卫星控制处理器11按照轨道参数，例如卫星1的轨道位置、卫星1的当地时间、卫星星下点、卫星轨道平面相对太阳-地球连线的方向或任何其他轨道参数，进行适当程控，为滤波器带宽控制器12实时或基本实时提供指令。此外，按照本发明的原理，还检测邻近卫星1的话务量(由于波束复盖范围是重叠的)，按此适当地调整带宽。卫星控制处理器11包括一个适当的存储装置，用来存储一个数据库13，其中存有诸如一个输入滤波器GA上行链接带宽控制命令表和/或通信量历史数据之类的信息，以便

20

25

30

实时以连续或步进方式改变滤波器GA的带宽或所选择的滤波器类型。数据库13内的信息最初可以用默认信息装入，然后定期更新，如在下面还要说明的那样，以便含有接近实时控制返回链路转发器带宽的参数。一个配置在星上的时钟11a可以用来为卫星控制处理器11提供当地

5 时间信息。或者，可以采用一个输出或IF级可调谐滤波器。

卫星控制处理器11可以连接到一个卫星遥测和命令系统14，以便通过卫星遥测和命令系统14的指令天线15接收来自一个地面控制器(通常是TT&C站28)的程序指令。此外，卫星遥测和命令系统14还可以用来将另一个程序上载给卫星控制处理器11，以使用不同的参数改变输入

10 滤波器GA的带宽。

在图1B中标示了返回上行链路波形，示出在有两个频率相邻的信道(CHAN A, CHAN B)在用的例示情况下有用信号加噪声的波形。也示出了转发器带宽在按照本发明用输入滤波器GA减小前、后的结果。相应的反向下行链路波形表明通过调谐(缩小)输入滤波器6A的带宽可以使下行链路功率明显降低。

15

图1B还例示了在MSCS 1的其中一个卫星1的覆盖区内的一个代表性的用户终端2与GW 18之间的典型通信路径。在用户终端2与GW 18之间的这个通信路径可以同时通过几个卫星(未示出)。此外，在用户终端2与GW之间的这个通信路径不使用卫星间链路，虽然在用户终端与其他

20 网关之间的其他通信路径可能包括一个或多个卫星间链路。或者，通信路径可以只在用户终端2之间通过一个或多个卫星1建立，而不用送至

网关18。在这个优选实施例，卫星1起着“弯管”转发器的作用，接收来自用户终端2或来自GW 18的通信话务信号(例如语音和/或数据)，将收到的通信话务信号变换到另一个频带上，再发送经变换的信号。

25 在一些其他实施例中，MSCS 20的这些卫星1可以用来对收到的传输进行解调，对收到的通信执行星上信号处理后再传输。以下主要具体结合作为“弯管”中继器工作的卫星对本发明进行说明，虽然本发明同样适用于对收到的通信执行星上处理的卫星(例如，参见图13)。

在图3中，天线3A、3B可以是全向、定向辐射型的，反射/馈送型的，相控阵型的，或者实际上可以是任何其他类型的。发送和接收天线可以合并成单个天线(未示出)，接收与发送信号通过其他设备，例如双工器，隔离。

30



返回转发器可以包括一种或多种转发器。 适合的类型有准线性单路变换转发器(图2A, 2B), 准线性双路变换转发器(图2C), 以及再生处理转发器(图2D)。 第一种准线性的单路变换转发器(图2A)接收、分离和放大为它指定的上行链路载波, 将频率转换到下行链路频带, 5 信号经放大后在下行链路上转发。 这种转发器在一个步骤中将上行链路频带转换到下行链路频带。 早期的转发器通常包括放大接收频带的低噪声放大器, 消除完全在工作频带外的能量的滤波器, 以及将整个工作频带从上行链路频率移动到下行链路频率的宽带变频器。 这种转发器的另一变型(类型2, 参见图2B)使用两个本机振荡器(LO), 用来将上行链路频率变换成中频, 再变换成最终下行链路频率。 这种转发器使对信号的处理可以在通常低得多的频率, 例如UHF甚至更低的频率上进行。 可以利用声表面波滤波器(SAW滤波器)进行这种处理, 还可以进行切换、频移及其他及其他对下行链路信号的处理。

准线性双路变换转发器, 如图2C所示, 具有双波段工作方式, 其中频带A在一组频率上发送, 而频带B在第二组频率上发送。 这两个频带的频率变换到其中一个频带(在图2C中示为变换到频带A)。 频率变换后于是就可以多路处理、交换, 或其他方面的操作或交叉连接。 之后, 指定给频带A下行链路的频率送到频带A下行链路放大器, 再送到频带A的天线。 要给频带B下行链路的信号再变换到频带B下行链路频率后发送。 20

参看图2D, 再生式转发器执行接收和发射功能, 情况大体上与单路变换或双路变换转发器相同。 然而, 再生器在每个传输链路中含有一个将上行链路信号解调为数字基带信号的解调器和一个将这个信号再调制到下行链路载波上的调制器。 解调的数字信号重新定时和恢复为标准形式, 使上行链路性能与下行线路性能隔离, 从而防止了噪声的积累。 25

如先前所述, 在任何类型的转发器中, 输入滤波器或滤波器6A制成至少带宽特性是可程控的, 以便控制和限制发送有用信号所需部分外的下行链路功率。

现在来看图7, 所示为对卫星返回转发器带宽进行控制的目前优选实施例。 卫星返回转发器的返回上行链路天线(例如为一个L波段天线)3A示为一个有源相控阵天线。 然而, 卫星1的返回上行链路天线3A



可以是一个无源天线，带或不带增大天线增益的反射器。天线3A用N个波束接收信号，例如在本优选设计中为16个波束，然而，N可以是大于1的任何数目。有16个接收链路，每个波束一个，而天线3A的输出分别耦合给各个接收链路。在每个接收链路中LNA前是一个可程控滤波器6A。在这个实施例中，滤波器6A包括第一和第二(输入和输出)开关104A、104B和多个SAW滤波器101。在这个优选实施例中，有4个SAW滤波器101，按照所用带宽接入。虽然示出4个滤波器，但可以有多于一个的任何多个滤波器。对就有一个SAW滤波器101的情况，带宽控制仍然可以通过接不接滤波器实现。此外，所有的滤波器101都可以断开而接入一个等效负载来完全终接特定波束。开关104A和104B控制滤波器6A在任何给定时间的应用配置。带宽控制器12为每个波束和接收机链提供设置开关104A和104B的位置的驱动信号，从而设置了每个波束各别的链接带宽。

在每个接收链路中滤波器6A后是由混频器、隔离放大器和滤波器组成的变频单元7，接着依次是信号组合器102，返回下行链路放大器8，以及天线3B。

所示实施例使用的是表面声波(SAW)滤波器，然而，也可以使用任何类型的滤波器。它也不需要运用切换。带宽控制器12可以配置成对天线3A和LNA 4之间的任何适当类型的可调谐滤波器(s)进行操作，从而可以细调带宽。

再来看图6，非业务区发射的能量在转发器天线作为噪声接收，通过滤波器6A送到LNA 4。在任何给定时间通过根据出现的话务量改变滤波器6A带宽优化了卫星1上能量的利用，降低了卫星上使用的轨道平均功率(OAP)，因此缩小了所需的卫星供电系统9的尺寸，减轻了卫星的质量。

这样一来，由于减小了太阳能电池阵列和电池尺寸，就降低了电源系统9的成本(即降低了发电系统10的成本)，而且由于减小了卫星的质量，也就降低了发射费用。此外，由于降低了对星上电池的依赖，从而改进了电池循环，延长了电池寿命。这种系统由于将在海洋上方的功率需求量减到最小，使在大片陆地上方的线路数可以大大增加。

现在来看图8，GOCC 22接收网关18通过GDN 24发送的关于各钟点的呼叫次数和/或呼叫类型的统计业务量信息。呼叫次数及其他数据



由一个链接到一个高性能计算机202的局域网 (LAN) 201接收。管理和操作工作站203、204也链接到这个LAN 201，配置有对GOCC 22的操作员接口。通过这些接口，操作员能够手控地改变反向链路转发器滤波器6A的带宽，或者操作员可以对星上的卫星处理机11重新编程。系统管理 workstation 205 用来管理GOCC 22的软件和硬件配置。一个大规模的数据存储系统206用来存储要处理和管理的的大量数据，包括有关话务量(从各GW 18收到)的历史数据库209。在图8中示出了各种其他外围设备，但是这些设备对理解本发明来说并没有密切关系。

有一个卫星带宽分配程序208，用来按照每个卫星在它的轨道内所处位置计算这个卫星上所需的输入滤波器6A的带宽。各个卫星轨道的星历表数据是另一个程序207，用来确定这些卫星当时所处位置。一个存有话务量、话务类型和位置与时间的关系及其他参数的映射数据库设置在数据库209内。根据信息映射数据库得出的历史上的使用情况由卫星带宽分配程序208利用。分配程序208利用所存储的星历表数据207以及SOCC 26提供的当前卫星运行状态，为每个卫星1上的每个卫星波束计算和建立一个带宽对时间的关系表。计算机202，作为它运算周期的一部分，按照钟点和每个卫星1处在各自轨道内的位置为每个卫星1计算出带宽的时间安排、使用什么频率的子频带及其他所需的技术信息。这些数据表通过GDN 24发送给卫星操作控制中心 (SOCC) 26。然后，SOCC 26对消息格式化后发送给卫星1，以便更新星上带宽控制器12和将数据存储在卫星数据库13内。

SOCC 26如图9所示，在SOCC局域网 (LAN) 220上接收从GOCC 22发送给SOCC 26的这些带宽控制数据表，正如以上所讨论的。接收数据保存在文件服务器辅助系统225内，由SOCC计算机221处理。SOCC计算机221与卫星指令单元222和卫星调度器223一起，按照由带宽控制数据命令产生器224决定的格式化带宽控制信号，指定需在特定的时间发送给特定卫星1的命令。经格式化的命令含有带宽控制信号，通过GDN 24发送给由卫星调度器223指定的网关18。在图9中示出了两种网关18。一种网关18不包括遥测和指令单元 (TCU) 227。这些网关如上所述接收来自用户的话务信息，在这个优选实施例中将信息发送给GOCC 22，但是不向卫星1发送命令。另一种网关18是配备了TCU的网关。在MSCS 20内部署有至少一个，但是最好有几个这种网关。TCU 227通过路由器228

5 连接到GDN 24, 将信息适当地发送给所需单元。TCU 227连接到网关收发机子系统229, 由它将TCU信号综合到RF信号上, 传输给所需卫星1。在所期望的时间, 当指定要接受这个上载的卫星带宽分配和时间表的卫星1出现在TCU-启用网关18的视场内时, 网关收发机子系统229开始跟踪这个所期望的卫星1。在预定时间, TCU-启用网关18利用网关RF系统230通过上行链路将带宽分配表发送给卫星1。所示出的是一个典型的4天线RF系统230, 然而对于实现这个功能来说只需要一个天线。通过利用4个天线可以降低对完成这个功能的时间要求。同样, 可以表明, 可以有許多这种带TCU的网关。虽然所必需的只要有一个天线, 但是有几个天线有益于增长与各个卫星接触的时间, 从而提高了与卫星接触和控制卫星的可靠性。

15 应注意的是, 不一定要采用采用符合本发明这些原则的TCU。能够以不同方式方式将这些命令发送给网关18, 例如将这些命令嵌入需在卫星1上解码再加到星上处理器11的一些话务消息内。此外, 也可以实时用带宽信息直接命令卫星1, 实时控制卫星带宽。此外, 还可以由星上GPS系统实时提供卫星星历表数据, 而不需要地面命令。

20 再来看图3, 以下过程可用于初始化和更新卫星存储的由处于各自轨道上的卫星使用的带宽控制指令表。这些指令从SOCC 26发送给已经选择为向所期望的卫星1发送命令的TCU-启用网关18。网关路由器228接受这些信号, 将命令传送给TCU 227, 由它格式化后发送给网关收发机子系统(GTS)229, 再通过RF子系统230发送到上行链路上。程序指令表是在传令链路16上上行发送给所期望的卫星的。卫星的TT&C天线15收到这上行链路信号后将它传送给卫星遥测和指令单元14。TT&C子系统14的命令接收部分将信号从RF下变频、解码后传送给卫星控制处理器11。卫星控制处理器11接收到输入的数据、加以处理后存入星上数据库13。然后, 星上处理器11利用这数据在星上定时时钟11a配合下命令带宽控制12改变一个或多个卫星滤波器16A的带宽, 如上面结合图7所述。

30 参看图10, 其中示出了单个卫星的一个轨道。通过以最佳方式改变所有接收链的带宽, 可以使卫星发给网关的信号的总功率减到最小。图中示出了卫星A在不同当地时间处在单个轨道内的几个位置。所示轨道是一个高度为1400 km的圆形倾斜(52度)轨道, 周期将近2小时。还

示出了在卫星处在轨道上的这些位置时接入卫星的地面话务量。

图中示出了波束1在不同的当地时间投射到地球表面上的不同位置的情况。由于绕地球一周期间卫星1越过所有时区，因此话务量通常只在一个时区内将达到最大。然而，要求一个卫星的任何波束在任何给定时间都承载最大话务量是不必要的。对一个典型的轨道来说，呈现的话务量从这次绕行到下次绕行不是不变的。因此，对卫星1来说，出现的话务量通常将随时间和绕行而改变。同一个卫星1在下一负荷不会与这次绕行时相同，因此与波束1配合的滤波器6A的程控和带宽也将随绕行而改变。

图11例示了与波束在地球上的位置相应的波束滤波器位置中与提供的话务量有关的三个，并假设4 SAY滤波器101的结构如先前结合图7所述。反向链路转发器内的其他波束通常将受到不同的程控，如对波束2和16所示。因此，可以将滤波器GA的开关104A、104B的位置与地球的一个与绕行卫星下点当地时间、波束位置和话务量有关的物理映射匹配。

图12示出了在一个由48个各有16个波束的卫星构成的星座的情况下的一个瞬态图(snapshot)。所激活的带宽比最小的大的那些波束呈现为昏黑的。由本图显然可见，大量的波束能用最小带宽工作，甚至可以指定带宽为零。即使波束是昏黑的，表示在用，但其中许多(特别是在远北地区)将设在最小带宽。此外，地球受覆盖的有许多部分是夜间，这些大片陆地深夜间将有最小的话务量，因此这些波束也可以用最小的带宽工作。

图13中示出了卫星1的另一个供选择的实施例，利用一个星上话务量检测器141按照所接收的发送给本卫星的话务量自动地改变带宽。上行链路话务信号和噪声加到接收天线3A上。这些信号然后通过滤波器6A送至LNA 4。为了让至少一个话务信道通过，在一个话务区内优先选用最小带宽滤波器6A，然而，星上处理器11可以按照存储在DB 13内的程序根据卫星位置或者在预定时间中断接收波束信号。经滤波的接收信号由LNA 4放大后在部件143内下变频为IF或基带信号送至信号处理器140，信号处理器140可以(但是不一定)包括一个交换机。然后，或者是逐链路，或者以链路组合(可以已组合或已交换)的形式，将话务发送给上变频器142，进一步放大后在下行链路上发送。话务量检测器

141连接到基带处理器140上。话务量检测器141收集或测量在一个波束内的话务强度信息，将它发送给卫星控制处理器11。卫星控制处理器11将数据加上时间标志后存入卫星数据库13。然后，卫星处理机11利用这数据根据当地时间实时或用历史数据计算出所需带宽。原则上，卫星处理机更新带宽对时间的关系表。卫星的带宽对时间关系表由带宽控制处理器11执行，带宽控制信号传送给带宽控制器12控制滤波器6A的带宽，如上所述。

上面说明的是一种通过利用命令或预编程随着卫星沿地球轨道运动减小接收频带带宽降低所接收的输入噪声来降低在卫星上使用的功率的技术。

本发明还揭示了一种用来降低一个包括一个RF转发器的通信卫星的功耗的方法。参看图14，这种方法包括下列步骤：(A)运行至少一个网关，得出一个作为至少一个业务地区的一部分内的时间和位置的函数的对转发器的要求的历史记录；(B)利用这个历史记录，预测一个作为这个业务区内的时间和位置的函数的对转发器的将来要求；以及(C)按照预测的将来要求改变转发器的输入滤波器的带宽，从而减少转发器放大的接收噪声和干扰信号。所述预测步骤(B)可以预测作为多波束转发器接收天线的各个波束的函数的将来要求，而所述改变步骤(C)最好按波束逐个改变带宽。

在这点上更进一步说，LEO卫星系统由一个由多个卫星1构成的星座提供。假设，其中一个卫星1在一个相对赤道倾斜52度的1400 km轨道上绕地球运行。这个卫星1可以越过印度次大陆、印度洋，在扫过澳洲的20分钟左右期间为这个大陆提供服务。然后，这个卫星在在东北方向继续行进，开始照射北美大陆。在它横越南太平洋上空期间，天线波束接收到从这个海洋输入的噪声，这噪声经放大后发向地面，虽然那里并没有网关来接收这馈送下行链路信号。

按照本发明，例如，为澳洲服务的网关18根据先前一些周期收集到后发送给GOCC 22的话务量知识通过分析和预处理形成一系列要由卫星配置控制器(一个星上处理器)执行的命令。这些命令上行发送给卫星1，其中可能包括几天的命令。这些命令存储在卫星1上，根据当前业务区的当地时间自动地实行。这些命令，如在本例中，切换各个滤波器带宽，例如：全部(9个信道，或11.07 MHz)，三分之二(6个信



道), 二分之一(4个信道), 三分之一(3个信道), 最小(1个信道), 或零(没有信道).

回到上面开始的这个例子, 按照话务量将在印度上方卫星1返回链路的带宽定在某个值(例如为三分之二, 指定 9个信道中的6个). 当卫星覆盖区脱离印度而开始渡越印度洋时, 就选择滤波器设置为零, 从而将发送的噪声减到最小. 当这个覆盖区覆盖了澳洲的一大部分时, 滤波器带宽可以设置为二分之一, 以便在当前的当地时间有足够的带宽为澳洲服务. 当卫星覆盖区脱离澳洲时, 滤波器设置再次调到零, 因此使噪声放大减到最小. 当卫星1开始覆盖太平洋内的希望群岛时, 滤波器设置切换到满足预期低话务量的最小, 然后在脱离南大平洋的这个部分时调到零. 在若干分钟以后, 卫星1开始覆盖北美洲. 于是, 将滤波器设置调整到适合预期的在北美洲当地时间的話务量. 例如, 如果当地时间是上午2:00, 于是滤波器设置可以调整到三分之一, 而如果当地时间是下午2:00, 滤波器设置就可以调整到全部, 以使卫星1的话务处理能力最大.

虽然迄今讨论的主要是以返回链路转发器为背景, 但在卫星1的正向链路转发器内插入另一个可调谐或可切换的滤波器还可以节省功率. 参看图15, 卫星正向链路(即GW 18到UT 2)转发器包括馈送链路接收天线300, 输入带通滤波器302, LNA 304, 驱动放大器驱动放大器306, 可调谐或可切换的窄带滤波器308, 高功率放大器310, 输出带通滤波器312, 以及发送天线314(未示出变频级). 在这个实施例中, 网关18与卫星之间的链路大致在5 GHz. 然而, 最近为使用小功率发射机将电场几乎局限在建筑物内的无线局域网(“无线电LAN”)进行了频率分配. 用于网关18与LEO卫星1之间通信链路由将能量集中引向卫星的高增益网关天线支持. 然而, 集中在一个区域内的若干无线电LAN在某些情况下有可能向LEO卫星1辐射. 在这种情况下, 它们可以引起对发至卫星1的馈送上行链路的干扰.

这干扰可以减轻, 只要为馈送链路瞬时使用的这部分频带可以从将能量引向UT 2的末级高功率放大器吸取功率. 窄带滤波器308 (或窄带滤波器组)因此可以切换或调谐到在每个位置和时间已知时只使支持馈送链路的子频带频率通过. 在这种情况下, 可切换或可调谐滤波器308的中心频率和带宽可以设置成有利于有用信号而抑制来自无线电



LAN及其他源的干扰信号以及带外噪声。

5 滤波器控制器316用来控制滤波器308的操作，可以按预编程的时间安排工作以减轻比较固定或恒定的馈送上行链路噪声和干扰源的影响，和/或按实时或接近实时上行发来的滤波器命令工作。滤波器控制器316还可以检测占用的馈送上行链路信道，按此设置滤波器308。在任何情况下，来自天线300的业务下行链路的功率较好地优化成只保证所需的下行链路话务，而排斥馈送链路噪声、干扰信号源及其他不利因素。这种技术还可以用来有选择地通过接入一个衰减传送正向链路领示信号或基准信道的频道的滤波器通、断正向链路领示信号。

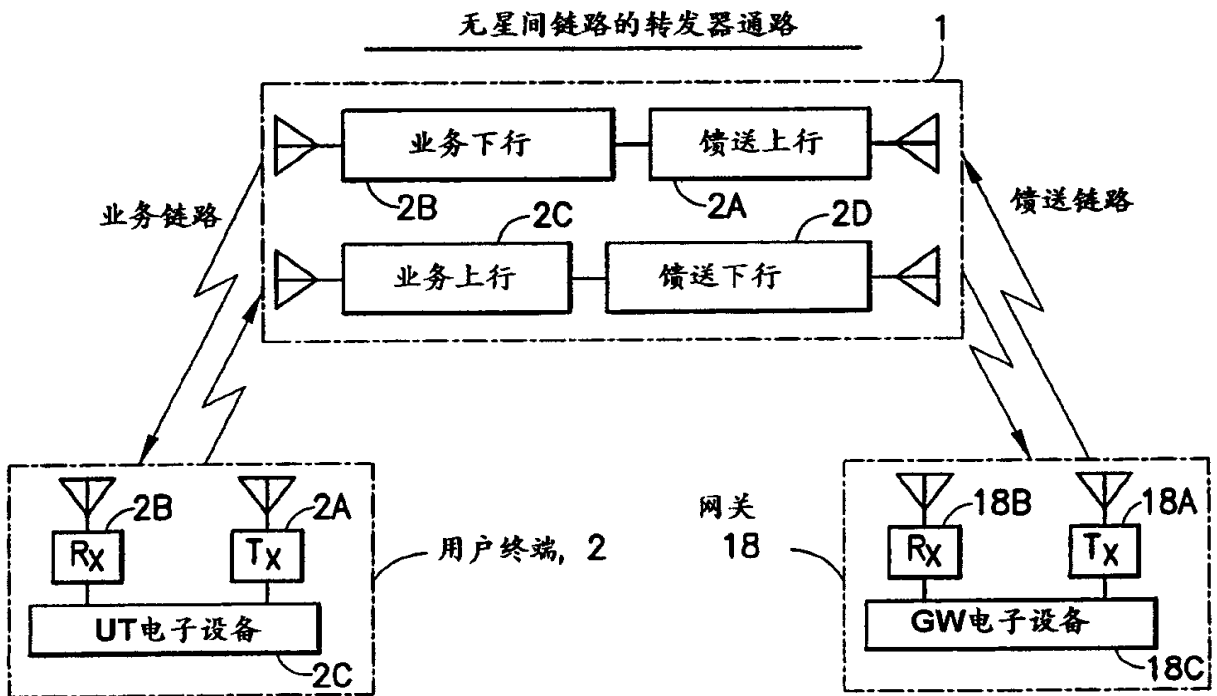
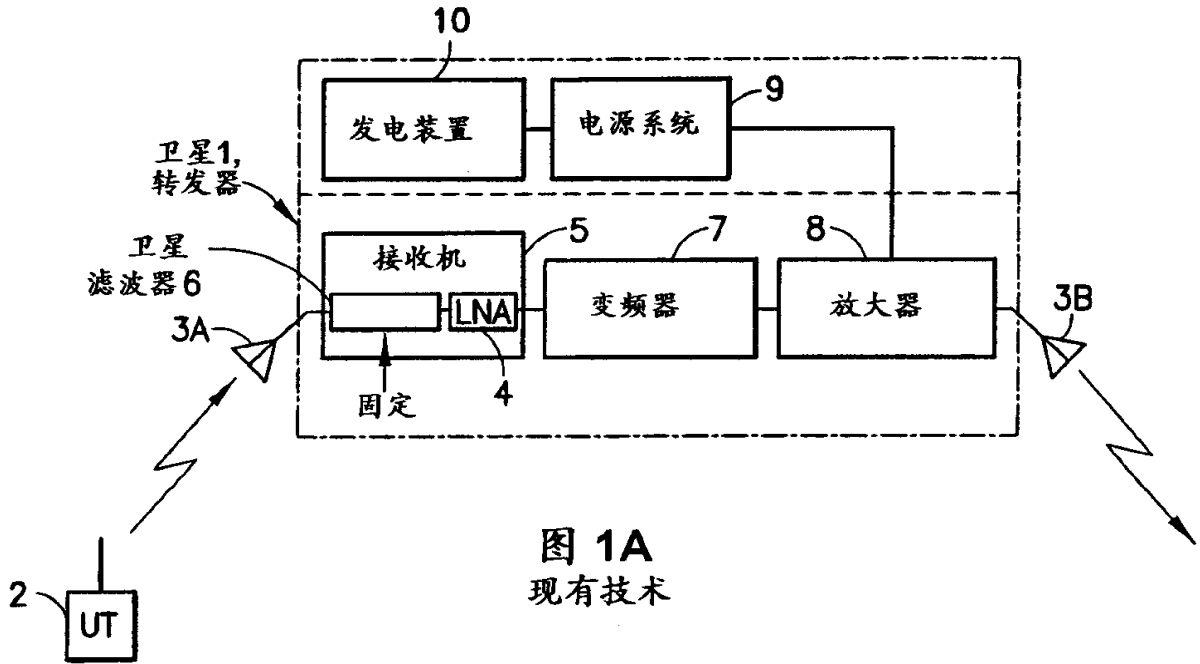
10 当然，卫星1的转发器可以设计成既包括可设置或可程控返回链路滤波器6A又包括可设置或可程控正向链路滤波器308。

15 虽然上述讨论主要是考虑LEO卫星通信系统，但可以理解，本发明也有利于其他类型的系统，例如VSAT和直接广播卫星系统。除了以上所述，还可以理解，可以使用一些卫星间链路（ISL，未示出）。在这种情况下，馈送链路设备的第三输出送至一个ISL上行链路设备，以便传输给另一个卫星。另一个卫星的下行链路可以送至业务或馈送下行链路设备。

20 此外，虽然图1B这个例子示出的是输入滤波器6A在带宽上缩小到接纳两个相邻频道的信道，但可以理解，通过利用可程控的陷波或类似类型的滤波器也可以接纳非相邻频率的信道。

25 因此，虽然本发明是具体结合本发明的优选实施例进行说明的，但熟悉这种技术的人员可以理解，根据本发明的精神无论在形式上还是在细节上都可以对这些优选实施例做出各种改变，这些改变都应属于本发明的专利保护范围。

说明书附图



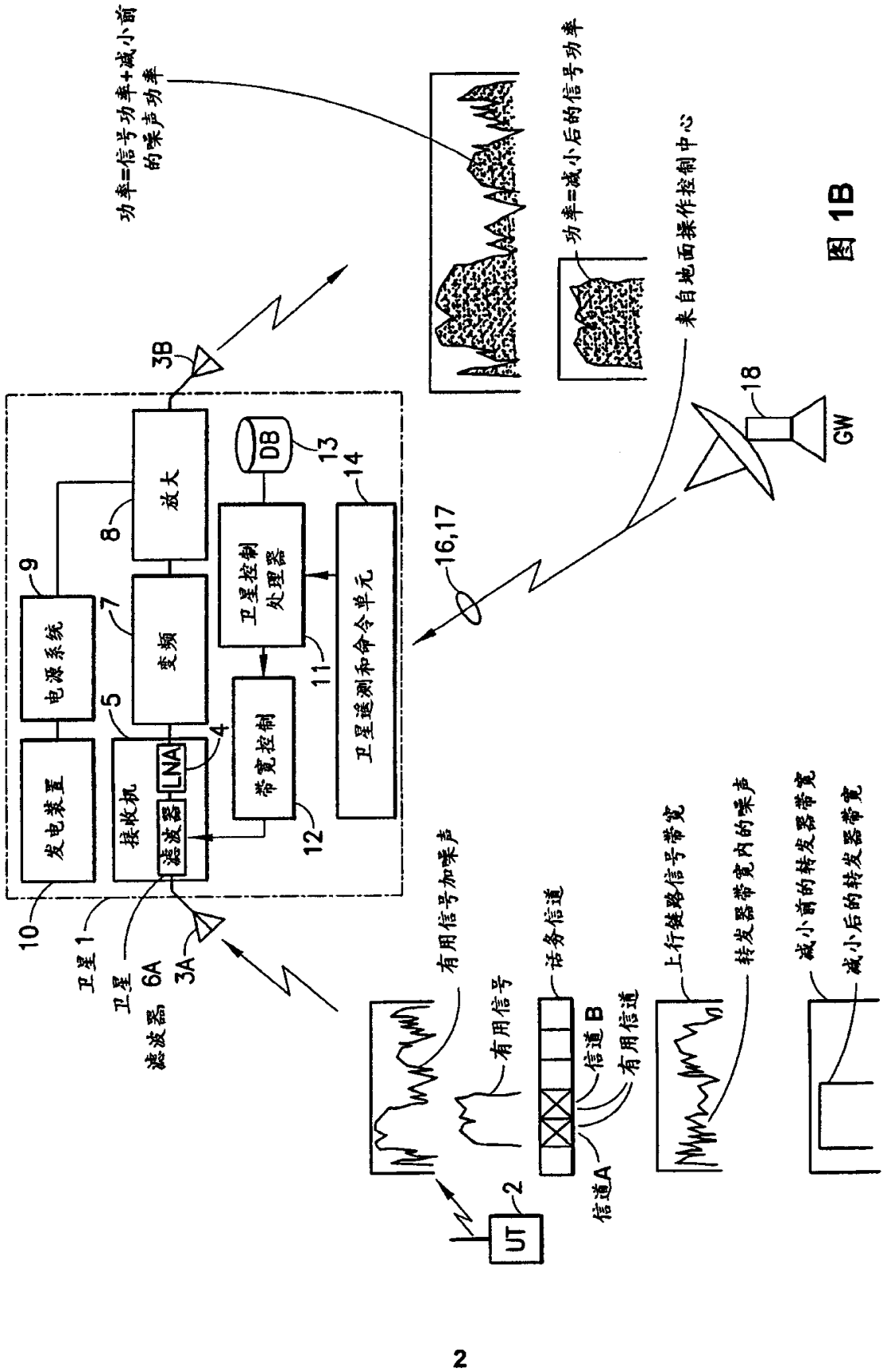


图 1B

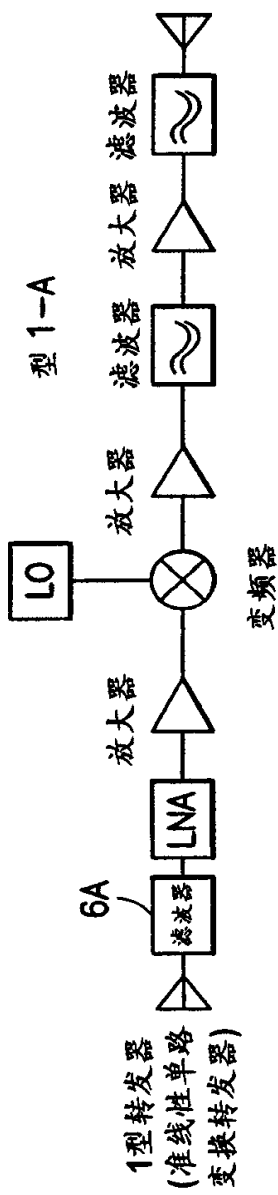


图 2A

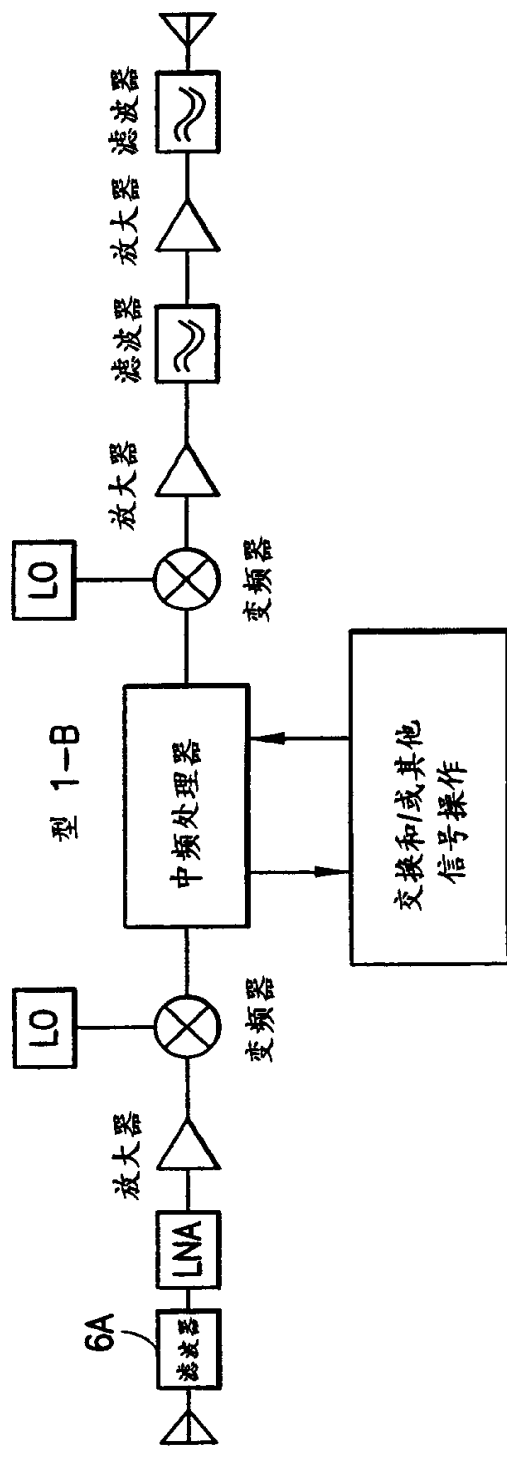


图 2B

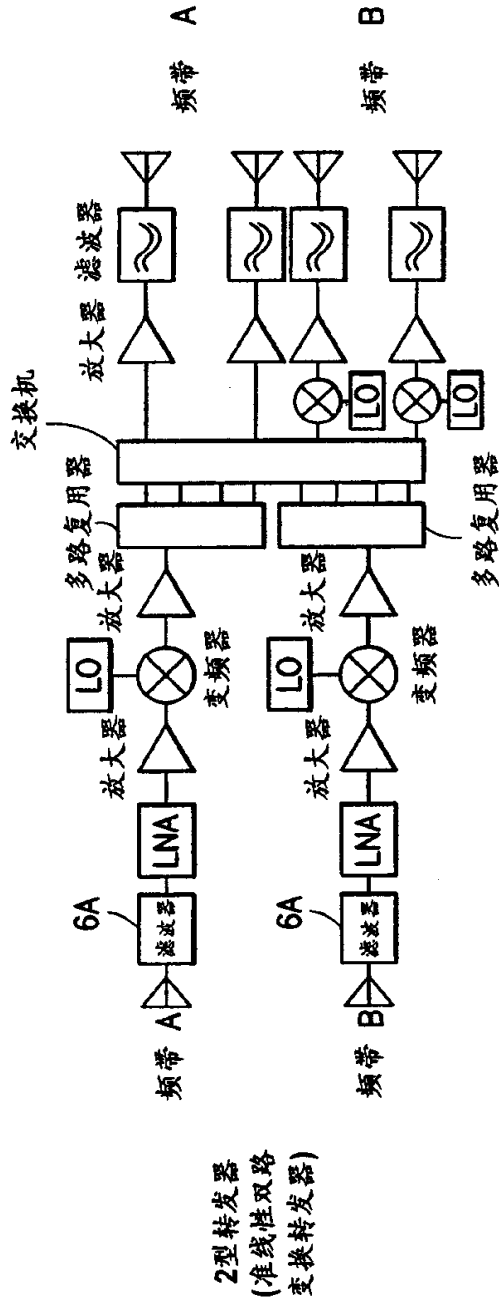


图 2C

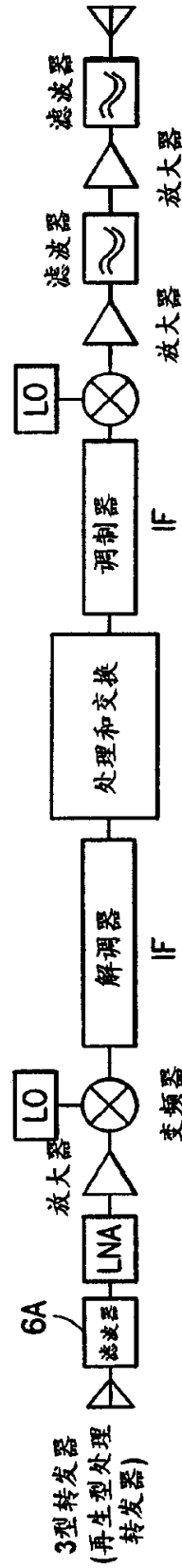


图 2D

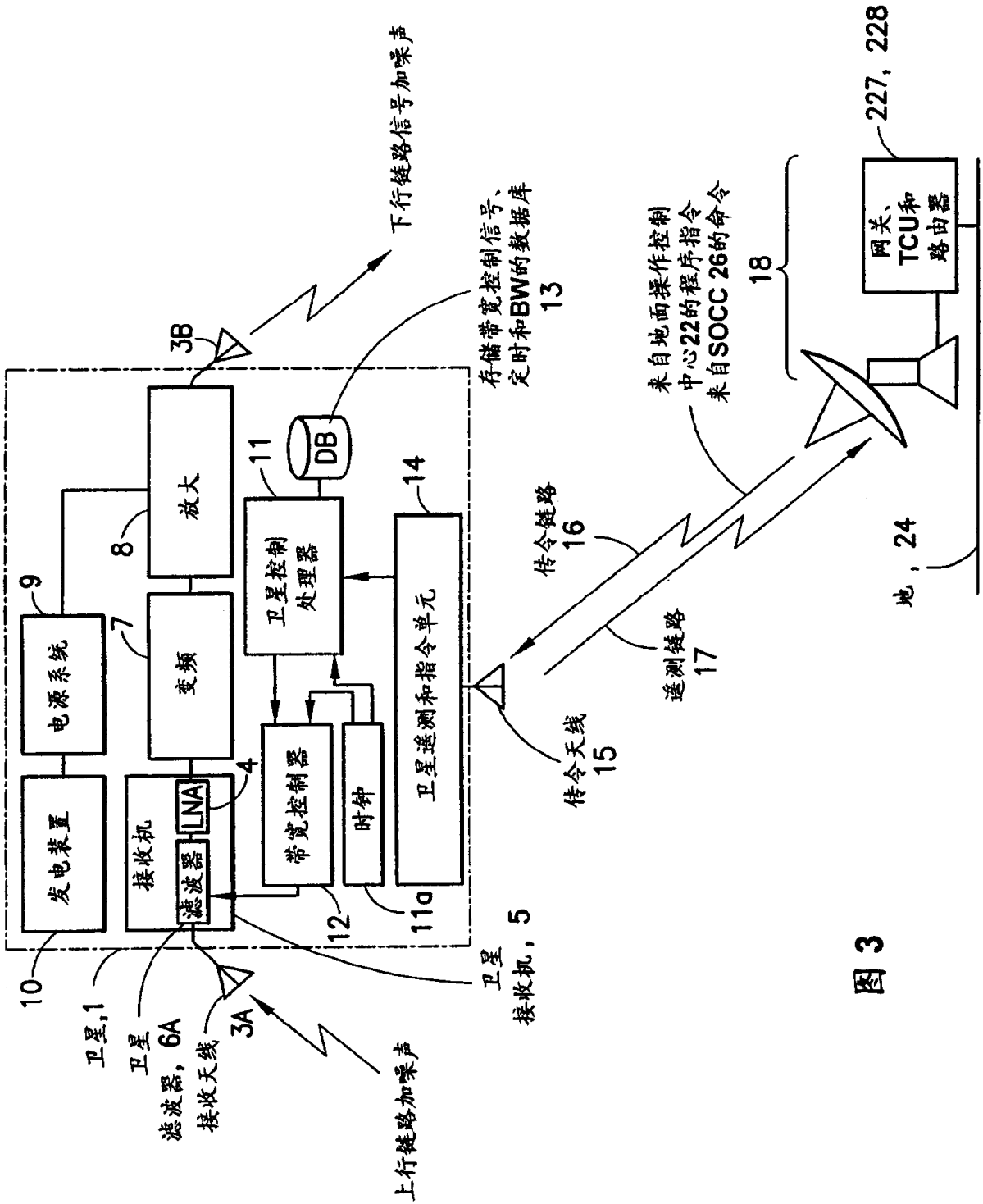


图 3

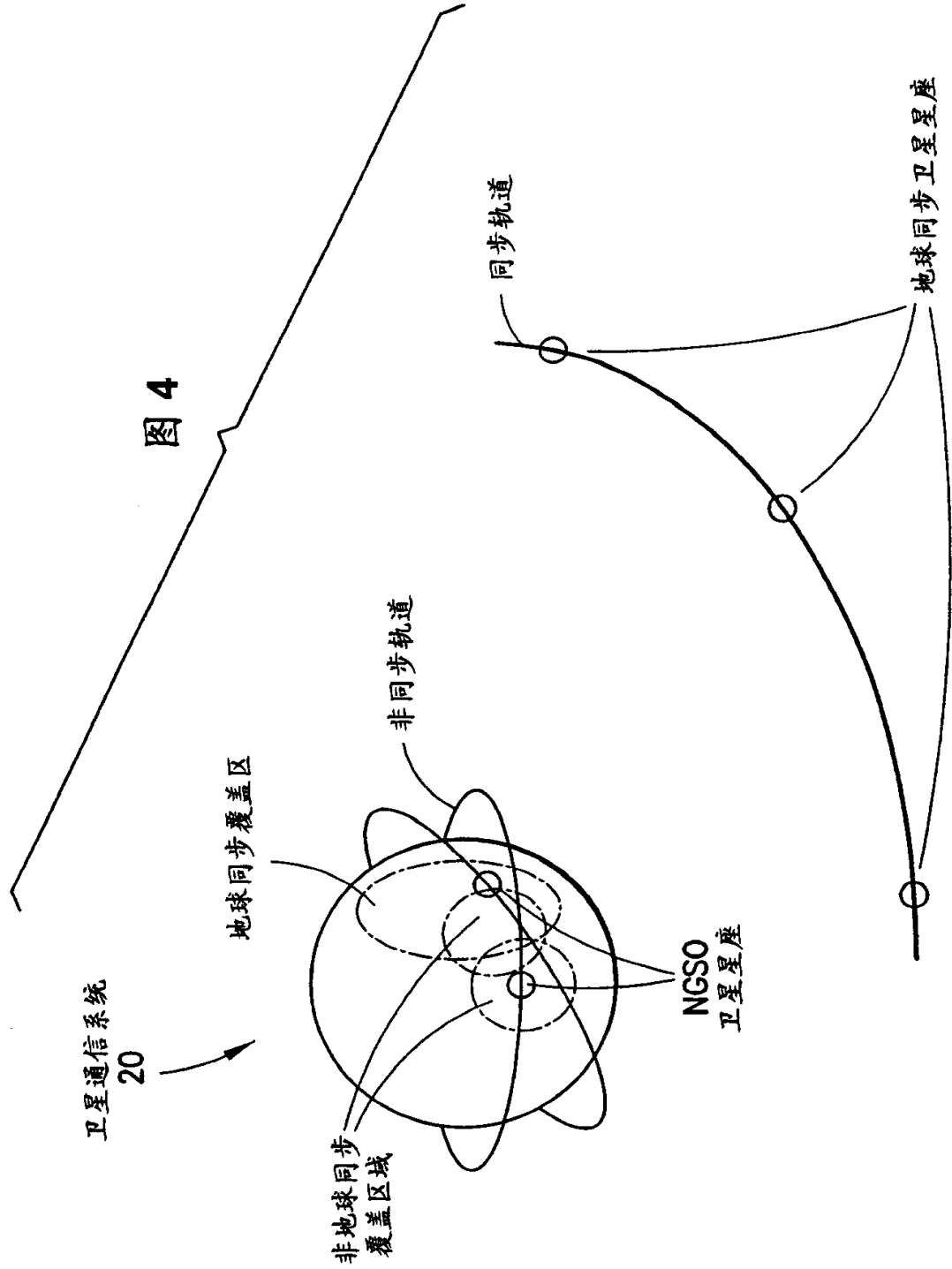
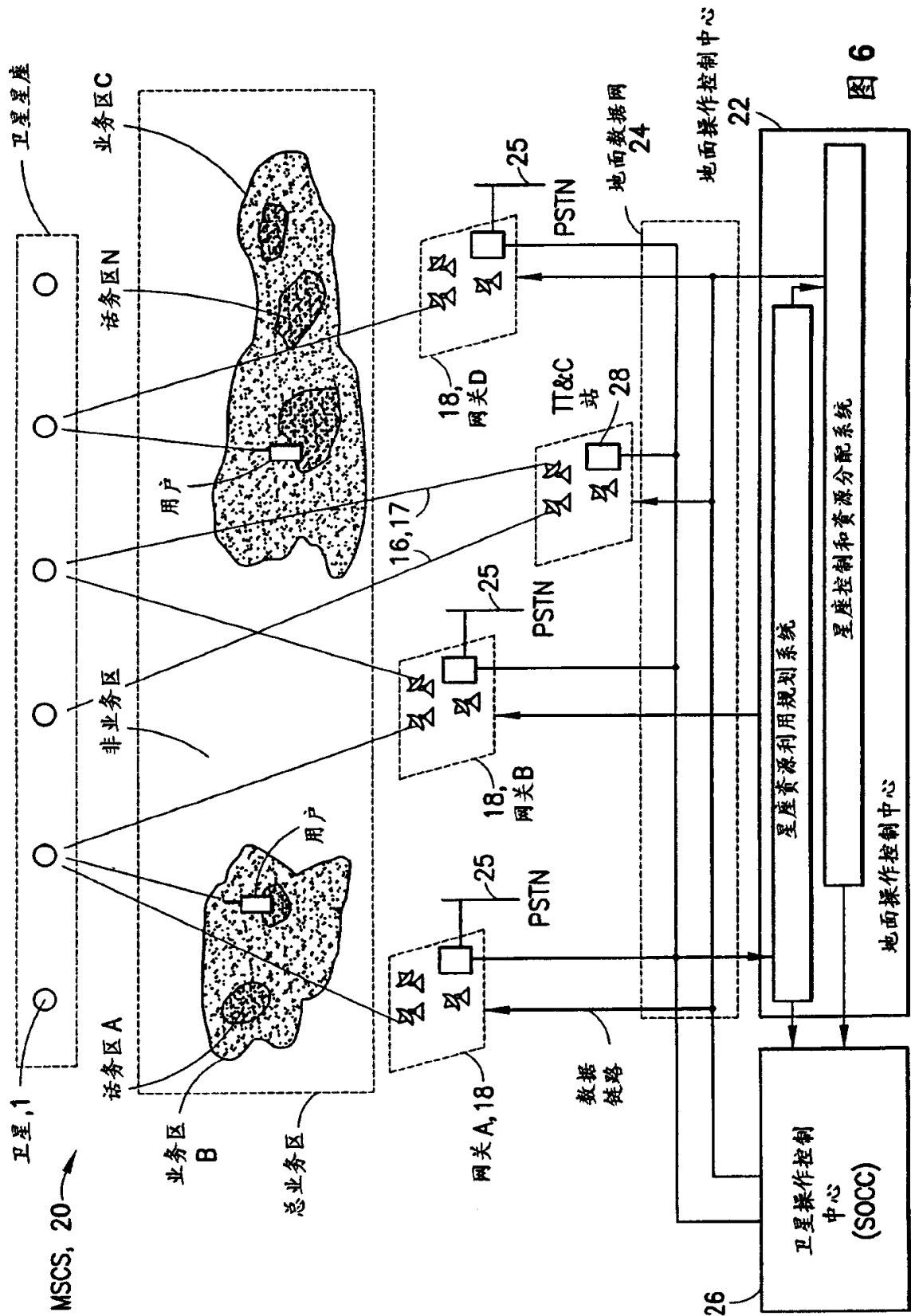
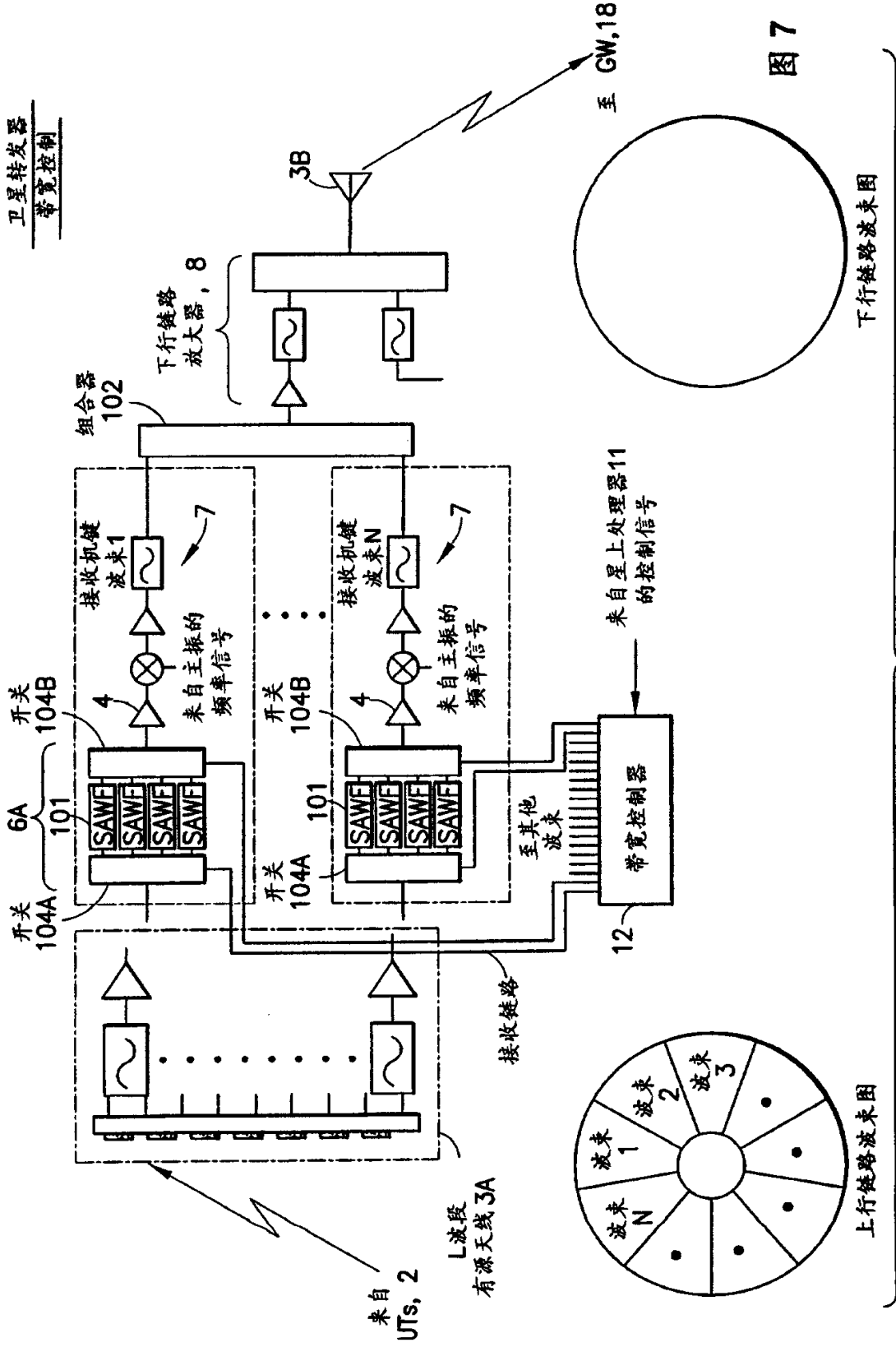


图 4



卫星转发器
带宽控制



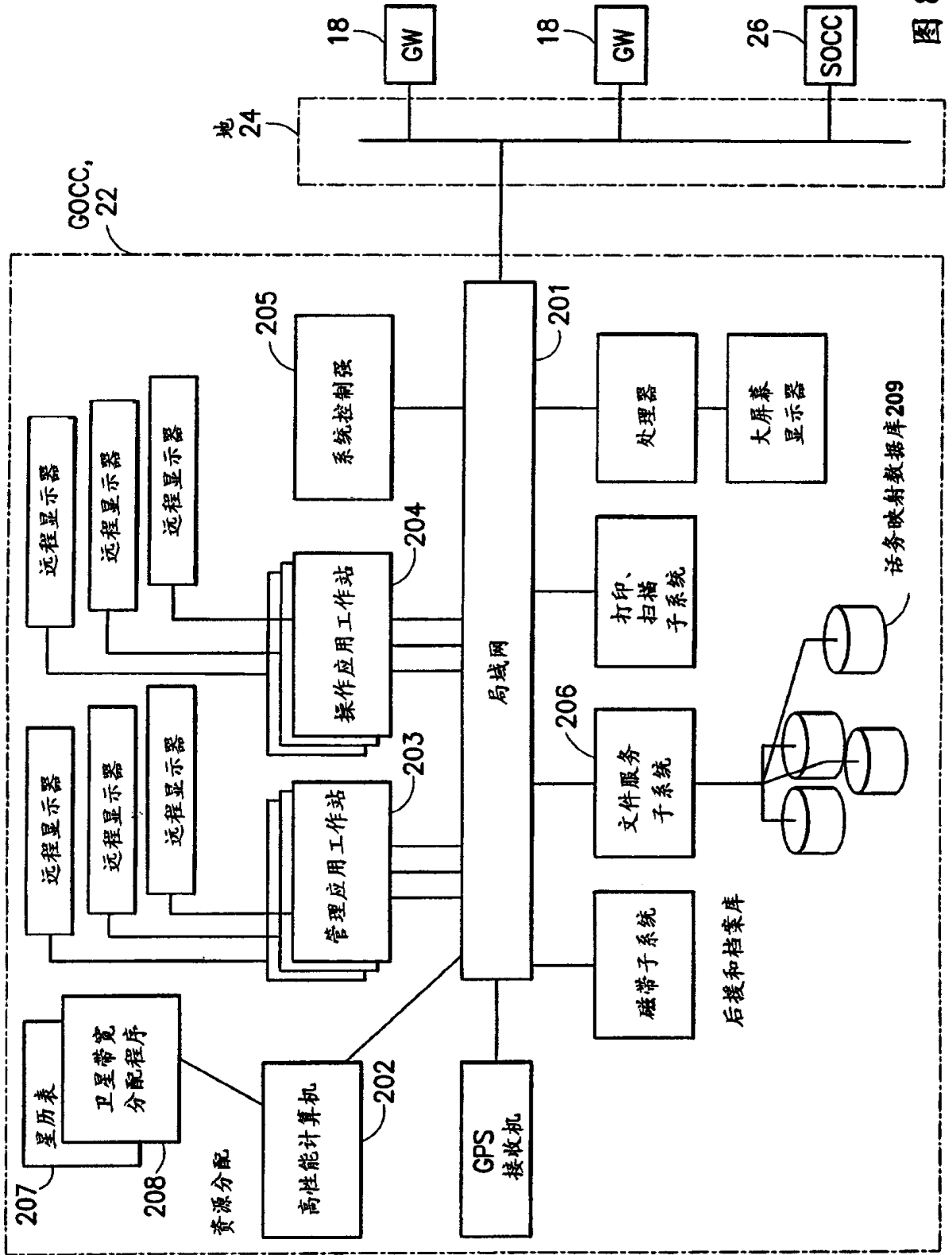


图 8

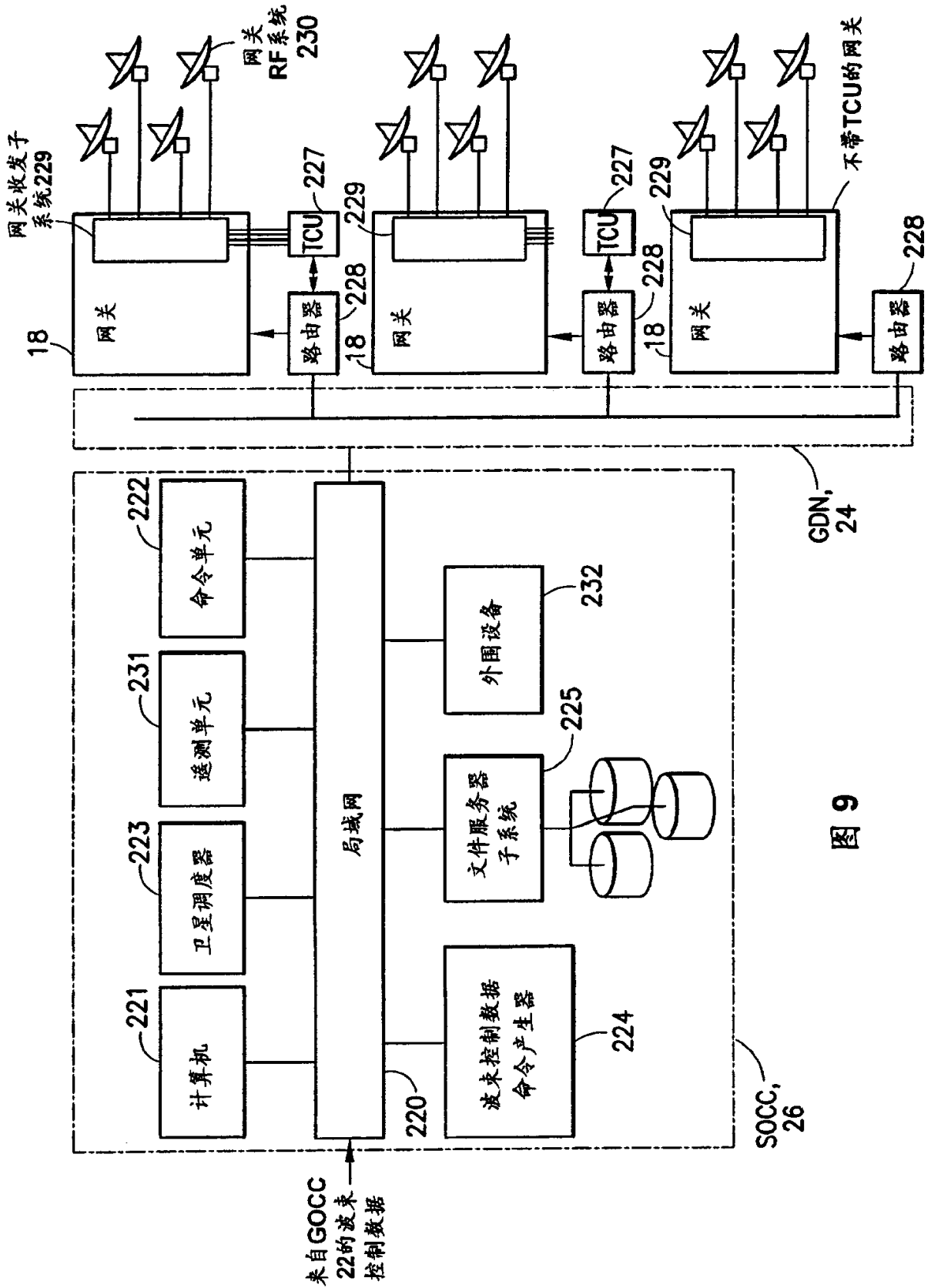


图 9

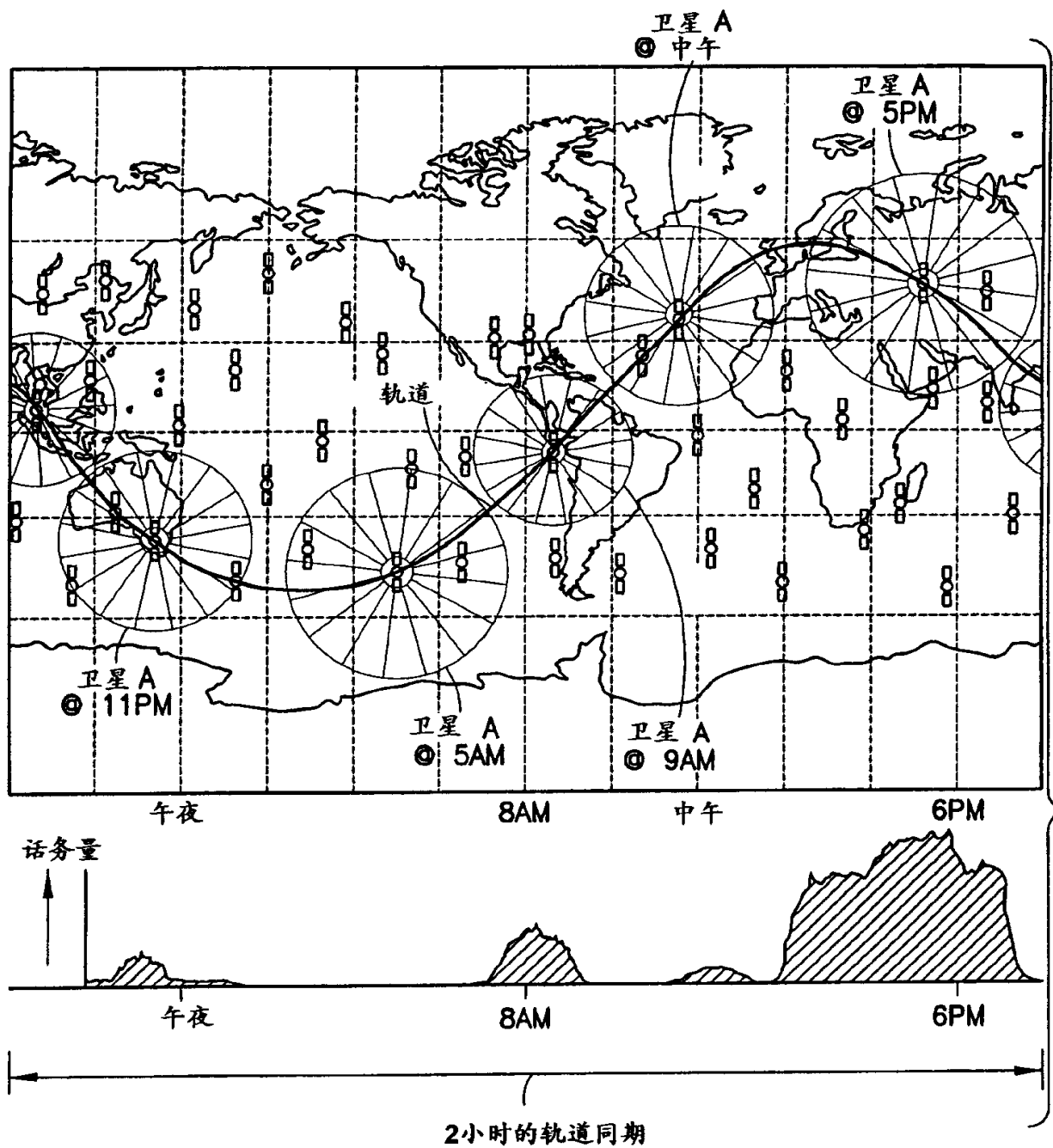


图 10

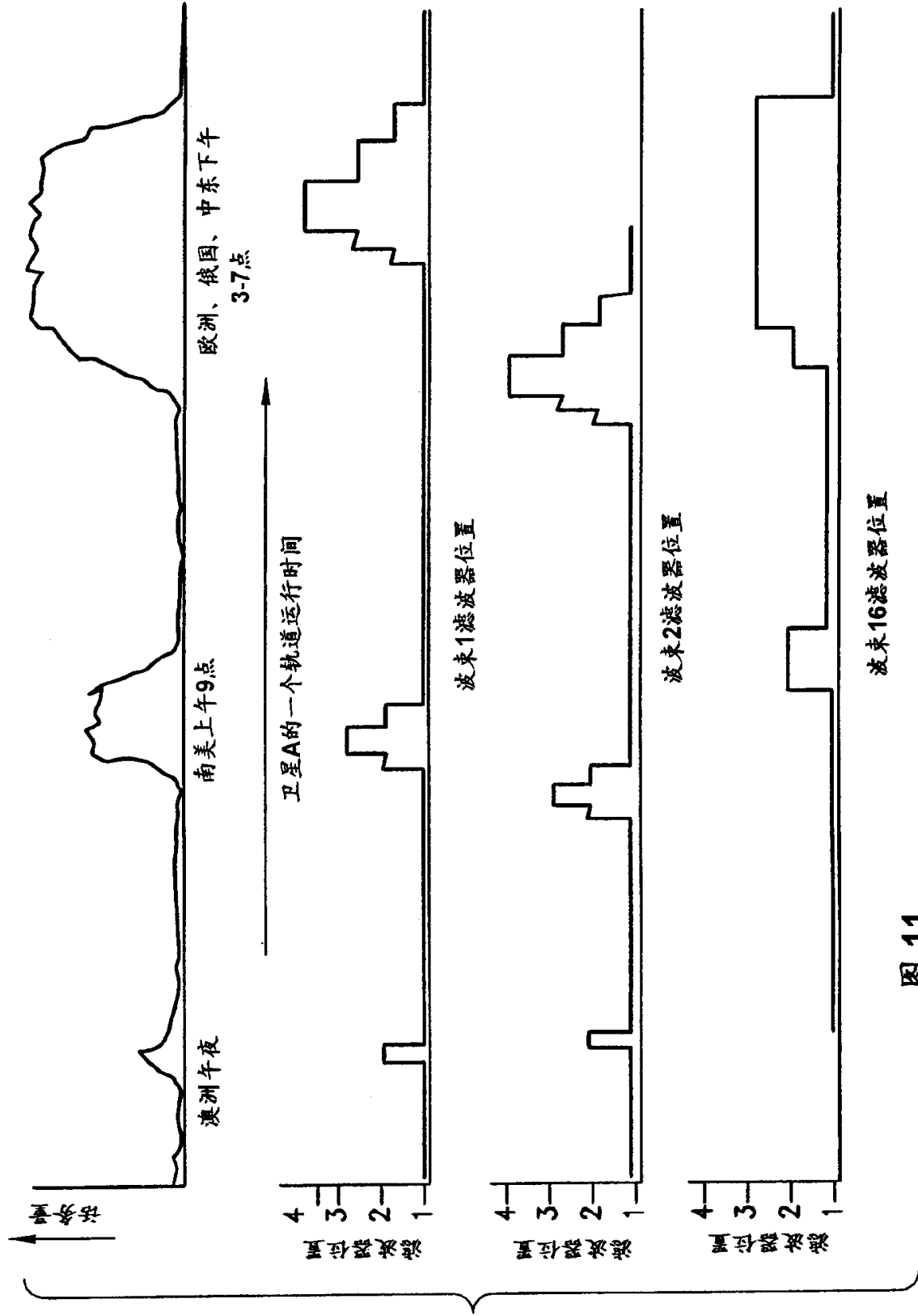


图 11

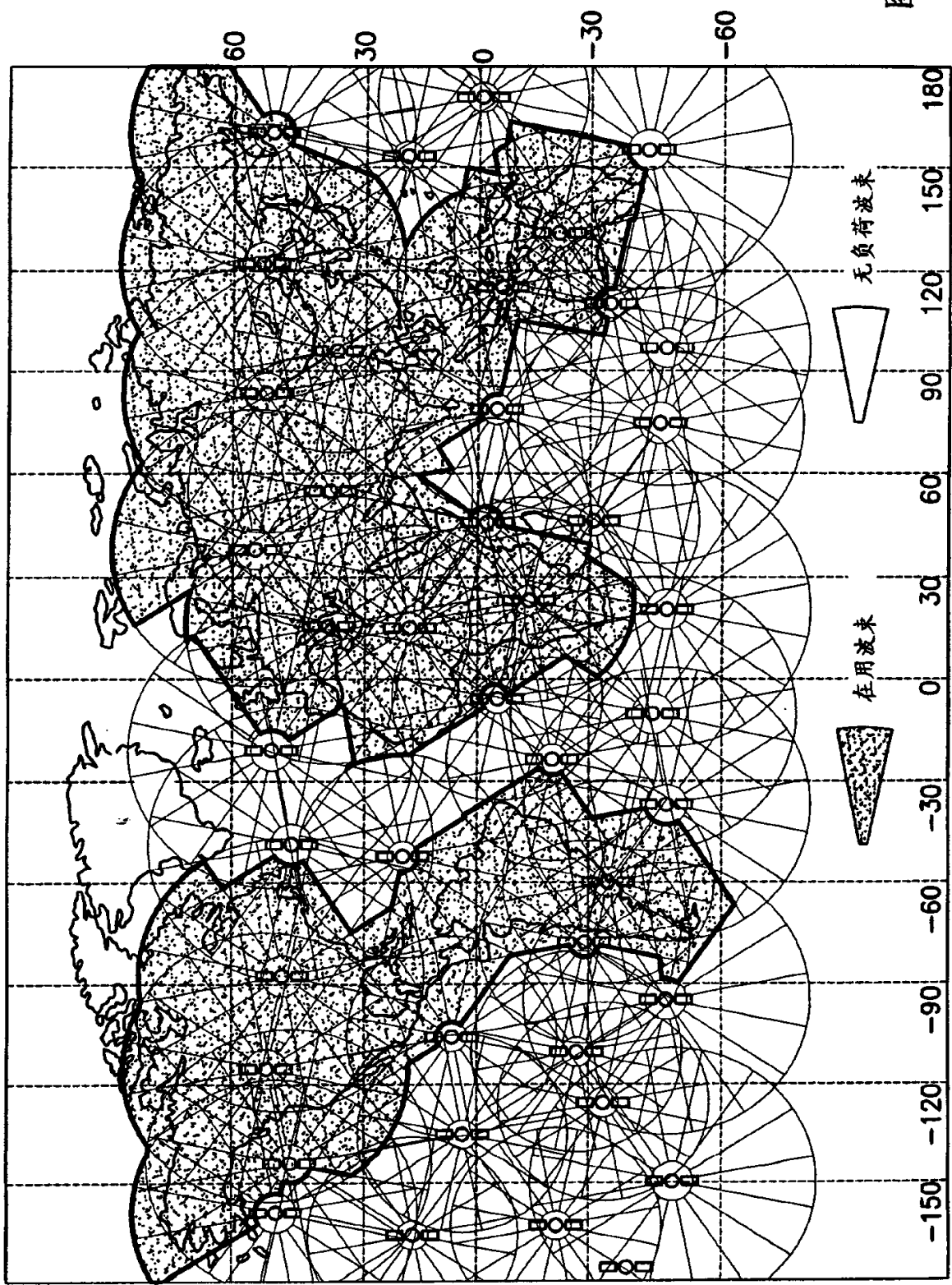


图 12

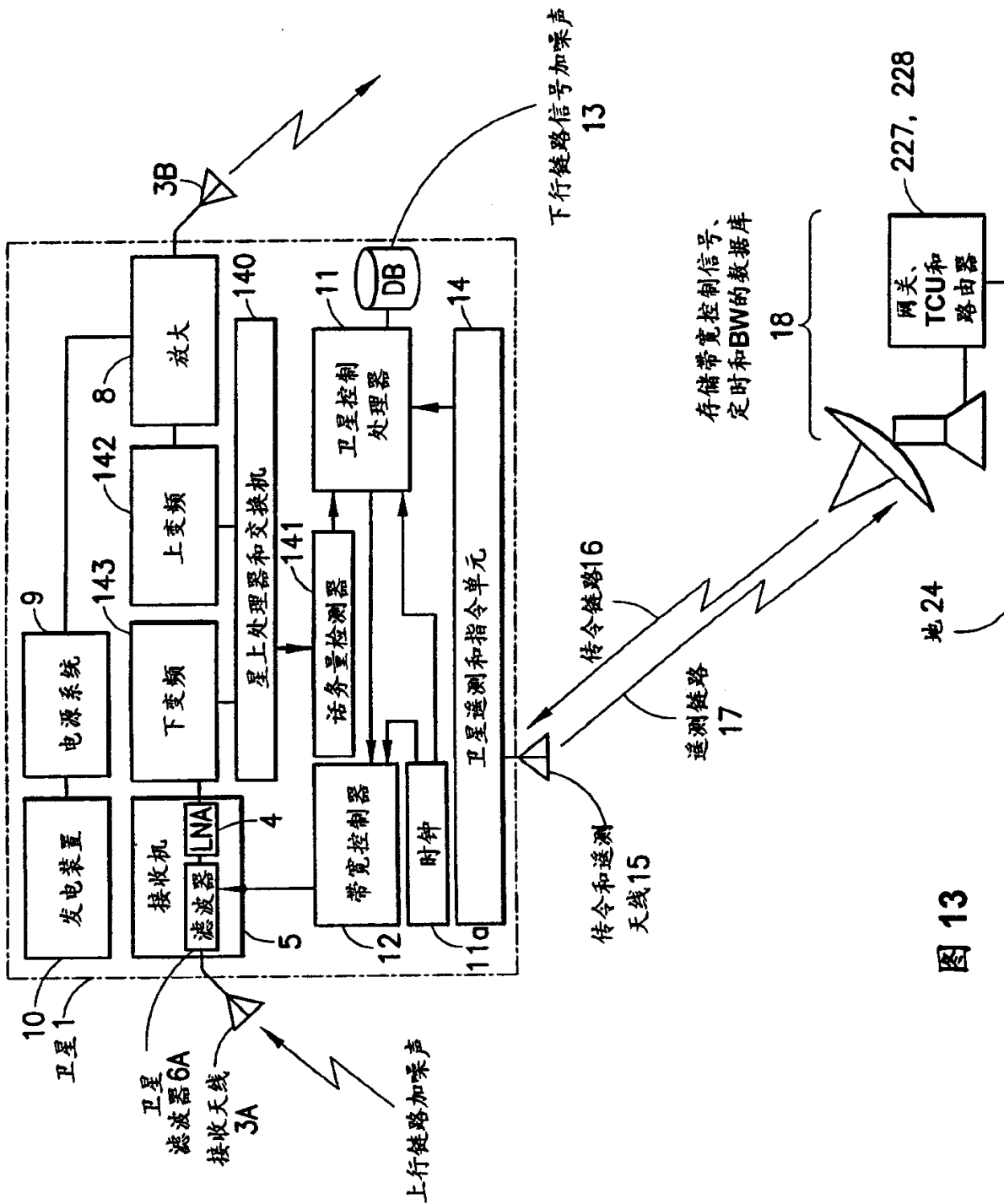


图 13

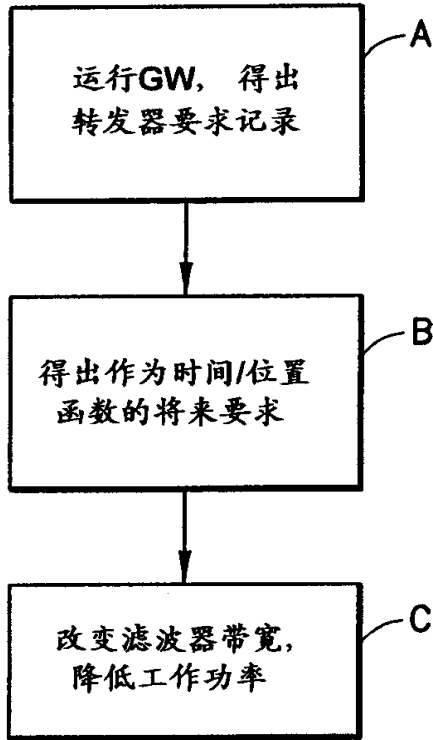


图 14

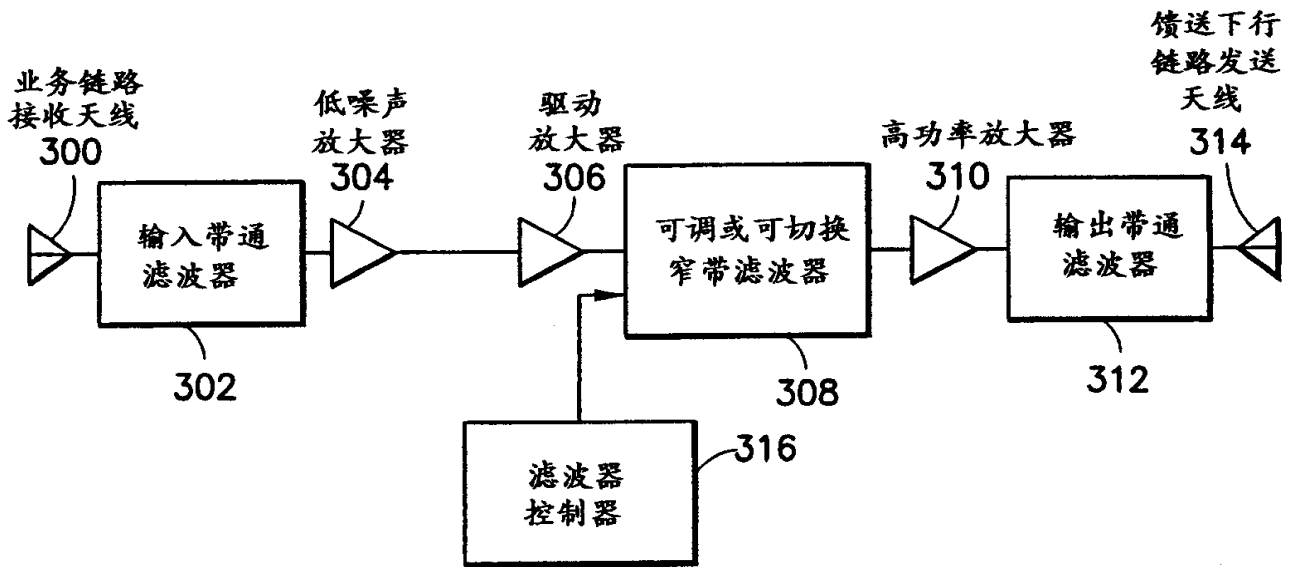


图 15