[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl[6]
G01S 1/00

[12]发明专利申请公开说明书

[21]申请号 98119868.6

[43]公开日 1999年3月31日

[11]公开号 CN 1212375A

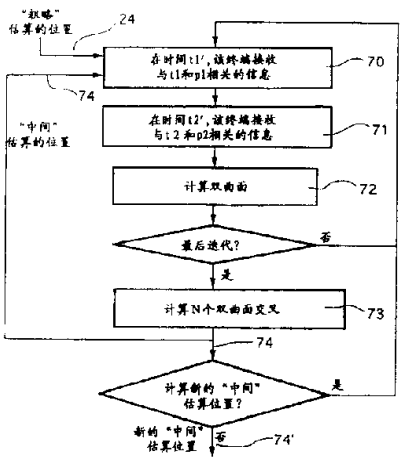
[22]申请日 98.8.24 [21]申请号 98119868.6
[30]优先权
[32]97.8.25 [33]FR [31]9710602
[71]申请人 阿尔卡塔尔－－阿尔斯托姆通用电气公司
地址 法国巴黎
[72]发明人 弗朗索瓦·德内兹
雅克·布斯凯
[74]专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 鄭 迅

权利要求书4页 说明书12页 附图页数5页

[54]发明名称 利用卫星阵定位固定终端的方法

[57]摘要

本发明涉及一种定位电信系统的固定终端的方法，该电信系统包括一个卫星阵、多个网关站和多个固定终端。按照本发明该方法包括“粗略”、“中间”、和“精密”定位状态。在“中间”定位状态期间，终端计算至少三个双曲面和在假设已知该终端的“粗略”估算位置下交叉这些双曲面。每个双曲面可以写为：Hi,j＝dj－di＝(tj－tj)·c－(ti′－ti)·c，其中：－di是在时间ti该终端和第i个启动卫星的位置pi之间的距离；－dj是在时间tj该终端和第j个启动卫星的位置pj之间的距离；－ti和tj是分别由第i和第j个卫星的发送时间；－ti′和tj′是由该终端的第i和第j接收时间；和－c是光速。



ISSN1008-4274

权 利 要 求 书

1.一种卫星电信系统的固定终端的定位方法，该系统包括一个卫星阵、每个与单独的地理小区相连系和连接到地面电信网的多个网关站和多个固定终端，

一个或多个卫星，仅当其是可视的时，相关于规定网关站是被启动的，每个启动的卫星从网关站接收相关于其被启动的信息，发射该信息到其覆盖区中的一个终端或多个终端，每个启动卫星从在其覆盖区中的发射该卫星被启动的信息到该网关站的一个固定终端接收信息，

其特征在于：包括含 有以下步骤的“中间”定位状态(2):

-Ⅰ- 在第一时间t1'，所述终端从第一启动卫星接收涉及由所述第一启动卫星的第一信息发射时间t1和所述第一启动卫星在所述第一时间t1的位置p1的第一信息（步骤70）；

-Ⅱ- 在相同或接近所述第一时间的第二时间t2'，所述终端从第二启动卫星接收涉及由第二启动卫星的所述第二信息发射的时间t2和所述第二启动卫星在所述第二时间t2的位置p2的第二信息（步骤71）；

-Ⅲ- 所述终端计算所述终端所位于的第一双曲面H_{ij}（步骤72）使得:

$H_{1,\ 2}=d\ 2-d1=(t2'-t2)\cdot c-(t1'-t1)\cdot c$

其中:

-d1是在时间t1该终端和第1个启动卫星的位置p1之间的距离;

-d2是在时间t 2该终端和第2个启动卫星的位置p 2之间的距离;

- t 1 和t 2是分别由第1和第2个卫星的发送时间;

- t 1 '和t 2 '是由该终端的第1和第2接收时间；和

-c是光速;

-Ⅳ-所述终端重复步骤-1-到-3-（步骤70到72）至少两次，计算至少所述终端所位于的第二和第三双曲面；和

-Ⅴ- 假设“粗略”估算位置是已知的，所述终端通过计算所述第一和至少第二和第三双曲面的交叉，确定一个“中间”估算位置（步骤73）。

2.按照权利要求1的方法，其特征在于，在所述步骤-Ⅳ-中，步骤-I-到-III-(步骤70到72)的每次新的迭代是通过属于包括以下组的一对卫星实现的:

和所述第一和第二卫星分离的一对卫星；和

其一是所述第一和第二卫星中的一个而其另一个是与第一和第二卫星分离的一个卫星组成的一对卫星。

3. 按照权利要求1或2的方法,其特征在于，在所述“中间”定位状态(2)还包括以下步骤:

-V-利用以前“中间”估算位置(74)代替所“粗略”估算位置，所述终端重复至少一次步骤-1-到-5-，以获得一个新的“中间”估算位置(74')。

4. 按照权利要求1到3的任何一个的方法，其特征在于，相关于第一和第二卫星被启动的网关站，发射第一和第二具有暂时补偿的信息，使得由第一和第二卫星发射后，所述第一和第二信息基本上被所述网关站同时接收。

5. 按照权利要求1到4的任何一个的方法，其特征在于，包含所述第一和第二启动卫星的卫星对属于包含下述的组:

- 该卫星对中两个卫星在任何时间都是同时启动的；和

- 仅在各个卫星的切换期间相应于出网和入网的两个卫星的卫星对是同时启动的，能使网关站利用正在变为可视的所述入网卫星代替不再是可视的所述出网启动卫星。

6. 按照权利要求1到5的任何一个的方法，其特征在于，每个终端具有用于同时接收由至少两个不同卫星发射的信息的装置。

7.按照权利要求6的方法，其特征在于，用于同时接收由至少两个不同卫星发射的信息的所述装置包括至少两个方向性天线，每个天线指向一个分别的卫星。

8.按照权利要求1到7的任何一个的方法，其特征在于，所述“中间”定位状态（2）由包括需要以下步骤的“粗略”定位状态（1）代替:

-a- 所述终端通过改变其方位角θ搜索和捕获（20）具有预定高度角α的卫星;

-b- 所述终端从所述被捕获的卫星接收（21）涉及所述被捕获的卫星的位置信息;

-c- 所述终端从所述涉及该被捕获的卫星的位置信息计算(22)投射到一个预定地球模型的等高度平面和该终端在所述平面上;

-d- 所述终端重复操作步骤-A-到-c-(20到22)至少两次，以便计算所述终端在上面的至少两个其它等高度平面；和

-e- 所述终端通过计算所述至少三个等高度平面的交叉，确定(23)一个“粗略”估算位置。

9. 按照权利要求8的方法，其特征在于，在所述至少捕获的三个卫星的步骤-a-到-c-(20到22)连续迭代期间，至少一个具有从其它两个卫星的方位角至少分隔10^0的方位角θ。

10.按照权利要求7和8或权利要求7和9的方法，其特征在于，在所述步骤-a-(20)中，所述两个定向性天线调整到相同的方位角，每个覆盖方位角θ的大约180^0。

11.按照权利要求1到10的任何一个的方法，其特征在于，所述“中间”定位状态（2）接着由以下步骤组成的“精密”定位状态（3）；

-1- 与所述终端所处于的小区相联系的网关站经由相对于所述网关站的一个启动卫星向所述终端发射（90）的预定信息;

-2- 所述终端接收（91）所述预定信息和，知道其“中间”估算位置和所述卫星阵的各个卫星的实时位置，产生和然后响应指示所述预定消息的接收和所述响应消息的发射之间的特定时间周期，经由所述启动卫星发射到网关站;

-3- 从所述响应消息，所述网关站计算（92）所述终端的定时超前的信息;

-4- 所述网关站经由所述启动卫星向所述终端发射（93）涉及定时超前的信息；和

-5- 从涉及定时超前的信息和从所述“中间”估算位置，所述终端计算（94）其“精密”估算位置。

12.按照权利要求11的方法，其特征在于，所述“精密”定位步骤（3）还包括以下开端和最后步骤;

-0- 所述终端经由所述启动卫星发射（110）涉及“中间”估算位置的信息到所述网关站；和

-6- 所述网关站经由所述启动卫星发射（112）该终端的所述“精密”估算位置到所终端;

和所步骤-5-（94）被以下变形代替:

-5- 从涉及定时超前和所述“中间”估算位置的信息，所述网关站计算（111）该终端的“精密”估算位置。

13.按照权利要求11或12的方法，其特征在于，所述“精密”定位状态（3）还包括以下步骤:

-7- 利用以前“精密”估算位置代替所述“中间”估算位置，所述终端重复操作步骤-1-到-5-（90到92）或-0-到-6-（110、90到93、111和112）至少一次，以获得新的“精密”估算位置。

14.按照权利要求13的方法，其特征在于，在步骤7中，步骤-1-到-5-或-0-到-6-的每个新的迭代是利用相同卫星实现的，但是具有从分隔至少10°的所述终端看的方位角θ和/或高度角α。

15.按照权利要求13的方法，其特征在于，在步骤7中，步骤-1-到-5-或-0-到-6-的每次新的迭代是利用不同卫星实现的。

说　　明　　书

利用卫星阵定位固定终端的方法

本发明的领域是卫星电信系统。

常规的卫星电信系统包括非同步卫星阵（例如，在低地球轨道的64颗卫星），多个网关站和多个固定终端。每个网关站与一个单独的地理上的小区（“点”）相联系和被连接到陆地电信网上。每个终端经由卫星与其所在的小区的网关站进行通信（并从而与陆地电信网通信）。当相关的一个网关站被启动时，每个卫星都从该网关站接收信息，该网关站向在其覆盖区的一个终端或多个终端进行发送。当相对于一个网关站启动时，每个卫星都向该网关站发送从其覆盖区中的每个固定终端进行接收的信息。只有当从该网关站是可视的，一个卫星才相对于一个网关站启动。

为了更精确起见，本发明涉及定位上述类型的卫星电信系统的固定终端的一种方法。

由于各种原因必须知道系统的每个固定终端的位置。例如，这能使各个固定终端同步，以便当由各个卫星进行接收时，可以防止或减小由不同固定终端发送的信号之间的相互干扰。还能使每个固定终端所属的加载区被确定。

注意，这里所指的终端是固定终端。当初次安装或每次终端重新安装时（例如从一间房间移到另外一间），因此需要定位。

第一个现有技术的解决定位终端问题的办法包括在该固定终端中设置一个接收机，该接收机可以是现存的诸如全球定位系统（GPS）或全球导航卫星系统（GLONASS）之类的定位系统之一。

这种第一个现有技术的解决办法具有成本非常高的主要缺点。GPS或GLONASS接收机与“消费者”的固定终端比较起来太昂贵。另外，由于仅当固定终端进行安装时才进行定位，增加一个专用定位接收机到固定终端上意味着超出该固定终端所使用的所有部件的投资比例。

第二个现有技术的解决办法是使用现存的基础设施（特别是将被定位的固

定终端和阵列中的某些卫星和其自身已知的到达角（TDOA）定位技术的到达角（AOA）的角度或时间差。

利用AOA技术，终端的位置是利用组合来自不同卫星的信号的到达角来确定的。利用TDOA技术，终端的位置是利用组合来自不同卫星的信号到达的时间差确定的。

与上述第一现有技术解决办法不同，该第二现有技术解决办法不需要任何专用定位接收机（GPS或GLONASS型的）。

然而，无论利用AOA还是TDOA技术，这种第二现有技术解决办法付诸实际都是困难的。AOA技术需要在方位和高度上精密的天线基准，并TDOA技术需要同步的卫星发射机。这些千变万化的条件是困难的。如果不是不可能，在不显著增加成本的情况下是可以同意这样作的。但再次应当注意的是，因为仅在安装时才起作用，所以固定终端的定位必须不意味着过度的投资。

本发明的目的是克服现有技术的这些缺点。

更为准确地讲，本发明的一个目的是提供一种定位卫星电信系统的固定终端的方法，并且该方法可以简单地投入实际使用和具有低的成本。

本发明的另外一个目的是提供一种上述类型的方法，该方法在固定终端中不要求专用的GPS或GLONASS定位接收机。

本发明的再一个目的是提供一种上述类型的方法，该方法使用现存的系统基础设施，　而不在固定终端（没有精密方位基准）或卫星（卫星不需要同步）付加苛刻的条件。

按照本发明实现的借助于一种卫星电信系统的固定终端定位方法上述的目的和其它的目的将是显而易见的，该卫星电信系统包括一个卫星阵列、每个都连接到一个分别的地理小区和一个陆地电信网的多个网关站、和多个固定终端，

一个或多个被启动的卫星，如果它们之间是可视的话，仅与一个规定的网关站相联系，每个从相关与被启动的网关站接收信息的启动的卫星发射该信息到固定终端或在其覆盖区中的终端，从其覆盖区的固定终端接收信息的每个启动卫星发射信息到相联系被启动的网关站，

包含一个“中间”定位状态的方法包括以下步骤:

-Ⅰ- 在第一时间t1′，该终端从第一启动卫星接收相关于由第一启动卫星发射第一信息的时间t1的第一信息和在该时间t1时该第一卫星的位置p1;

-Ⅱ- 在与第一时间相同或接近的第一时间t2′，该终端从第二启动卫星接收相关于由第二启动卫星发射第二信息的时间t2的第二信息和在该时间t2时该第一卫星的位置p2;

-Ⅲ- 该终端计算该终端所位于的第一双曲面$H_{1、2}$和以至于：$H_{1、2}=d_2-d_1=(t2'-t2)\cdot c-(t1'-t1)\cdot c$

其中:

- d1是在时间t1该终端和该第一启动卫星的位置p1之间的距离,
- d2是在时间t2该终端和该第二启动卫星的位置p2之间的距离,
- t1和t2分别是由第一和第二卫星发射的第一和第二时间,
- t1′和t2′是该终端的第一和第二接收时间，和
- c是光速;

-Ⅳ-相对于步骤-1-到-3-的终端至少两次计算该终端所位于的至少第二和第三双曲面；和

-Ⅴ-该终端通过假设将是已知的该终端的“粗略”估算的位置，计算第一和至少第二和第三双曲面的交叉确定估算位置的“中间”状态。

因此，本发明的定位方法包括一个例如，精确到±300m的“中间”定位状态。这种“中间”定位状态的一般原理包括至少在该知道所位于的三个双曲面计算交叉，假设该知道的位置的“粗略”估算已经知道（例如该位置精确到±100Km ）。

但十分清楚，利用这种交叉进行确定的不确定性随着双曲面的数量增加而降低了（例如可以利用多达100个双曲面）。

重要的是，注意到本发明的方法与常规的TDOA技术有清楚的区别是重要的，因为在本发明的情况下，该终端利用从两个不需要同步的卫星接收的信息计算每个双曲面。分别由第一和第二卫星的发射时间是不需要相同的。

这种区别的特征还表现在以下的方面；本发明的每个双曲面不对应于该系统的实际图象，因为它并不按照第一和第二卫星在一个规定的单一时间上的位置进行计算。本发明的每个双曲面基于第一卫星在第一规定时间t1的位置p1和

第二卫星在第二规定时间t2的位置p2，对应于系统的“虚构”的图象。

由本发明所施加的唯一条件是该终端的接收时间t1′和t2′是相同或非常近似的（例如，仅相差数ms），使得尽管终端的时钟与每个卫星的时钟比较不是非常精确的，但（t2′- t1′）的估算是正确的。

有利地是，在步骤-Ⅳ-中，步骤-Ⅰ-到-Ⅲ-的每个新的迭代是利用属于该组的以下方式的卫星对实现的:

- 第一和第二卫星分离的卫星对；和

- 该卫星对的一个卫星是第一和第二卫星中的一个和另外一个是第一和第二卫星分离的卫星的卫星对。

换言之，根据终端从其同时接收的卫星的数目，需要的卫星的数目不同。例如，终端能够同时从三个卫星接收，则该终端可以在相同或相近的时间t1′、t2′和t3′从3个卫星接收信息和计算连续的三个双曲面$H_{1,2}$、$H_{1,3}$和$H_{2,3}$，其中Hi、j、是利用第I和第j个卫星计算的。另一方面，如果该终端仅能够同时从两个卫星接收，则计算连续三个双曲面$H_{1,2}$、$H_{3,4}$和$H_{5,6}$要求六个不同卫星。

有利地是，“中间”定位状态2还包括以下步骤:

-Ⅵ-利用以前“中间”估算位置代替“粗略”估算位置，终端在步骤-Ⅰ-到-Ⅴ-至少一次反复操作，以获得一个新的“中间”定位估算。

这样进一步改善了“中间”定位估算。

有利地是，该网关站相关于第一和第二卫星的被启动，发射具有暂时预补偿的第一和第二信息，以至于由第一和第二卫星发射后，该第一和第二信息基本上由网关站同时被接收。

最好是，由第一和第二启动卫星组成的卫星对属于以下组成的组:

其中两个卫星是在任何时间同时启动的卫星对;

在卫星之间的切换期间，其中两个卫星的出网和入网被单独同时启动，使网关站以正在变为可视的入网的启动卫星代替出网的启动卫星，该出网的卫星正在变为不可视的。

注意，从在地球表面的大约90%地方在任何时间可能看到至少两个启动的卫星。大约90%的地理小区(点)可以由至少两个卫星同时覆盖。因此，在90%的情况下在任何时间可以容易地找到两个同时启动的卫星。

对于地球表面的剩余的10%的点，由于“粗略”估算位置被假设为事先知道的，则该终端可以被近似地（但足以满足要求地）指向进入该点的任何卫星。通过跟踪这个卫星，该终端被建议在卫星之间进行任何切换。因此，在一般需要数秒的时间的卫星之间的切换期间，该终端已经接入到同时启动的卫星（一个入网和另外一个出网）。

有利地是，每个卫星具有用于接收由至少两个不同卫星同时发射的信息。

有利地是，用于同时接收由至少两个不同卫星发射的信息的装置包括至少两个方向性天线，每个指向一个单独的卫星。

在本发明的优选实施例中，在“中间”定位状态之前设置包含以下步骤的“粗略”定位状态:

-a- 该终端通过改变其方位角θ进行搜索和捕获一个预定高度角α的卫星;

-b- 该终端从所捕获的卫星接收涉及所捕获的卫星信息;

-c- 该终端从涉及所捕获的卫星的位置信息中计算投射到一个预定地球模型上的等高度表面和该终端被定位在该表面上;

-d- 该终端重复操作-a-到-c-步骤至少两次，以便计算至少两个不同的在其上该终端被定位的等高度表面; 和

-e- 该终端通过计算至少三个等高度表面的交叉，确定一个粗略”估算定位。

因此，本发明的定位方法还包括精度例如在±100km的“大概”定位状态。对于该终端，这种“粗略”定位状态的一般原理是计算至少三个该终端被定位的等高度表面的交叉。

注意，步骤-b-假设该卫星阵的每个卫星的天体位置推算表是已知的。另外，步骤-c-假设该终端知道它的天线相对于地面的高度角α。这可以通过水平配置终端来实现。

有利地是，在连续重复操作步骤-a- 到步骤-c-期间的被捕获的至少三个卫星中当从该终端看时至少有一个具有方位角θ，该终端与其它两个卫星至少有10°方位角。

这减少等高度表面的交叉面积。

有利地是，在步骤-a-中，两个方向性天线调整到相同的高度角，每个天线覆盖方位角θ的大约180°。

按照这种方式，每个天线以与另外天线互补的一种方式覆盖调整的一半和这样减小了扫描整个调整所需的时间（即，从0到2π改变方位角θ）。

在本发明的有优越性的实施例中，“中间”位置状态接着是由以下步骤组成的“精密”定位状态；

-1- 该终端位于的与小区联系的网关站经由相对于该网关站启动的卫星向该终端发射一个预定消息；

-2- 该终端接收该预定消息和知道它的“中间”估算位置和卫星阵的该卫星的实时位置，产生和然后经由该启动卫星发射一个指示该预定消息的接收和响应消息的发射之间的具体时间的响应消息到网关站；

-3- 从响应消息该网关站计算相关于该终端的定时超前的信息；

-4- 该网关站经由启动卫星向该终端发射相关于定时超前的信息；和

-5- 从相关于定时超前信息和从“中间”估算位置，该终端计算它的“精密”估算位置。

因此，本发明的定位方法包括“精密”定位状态，例如精密到±60m之内。这种“精密”定位状态的一般原理是计算该终端相对于网关站的定时超前，或者当信号被网关站接收时，更精密地来自该终端的信号（经由启动卫星）的定时超前。

从而，与“粗略”和“中间”定位状态不同，“精密”定位状态是主动的，而不是被动的。换言之，小区的网关站与位于该小区的终端进行通信是经由一个启动卫星进行的。这种通信是在各个特定的时间进行的，例如，在低话务周期被保留的和能使阴影信号接收。

在一种有优越性的变形中，该“精密”定位步骤还包括以下的预限制和最后步骤：

-0- 该终端经由启动卫星发射相关于“中间”估算位置的信息到网关站；和

-6- 网关站经由启动卫星发射该终端的“精密”估算位置到该终端；

步骤-5-由以下步骤代替；

-5- 从相关于定时超前和“中间”估算位置的信息，该网关站计算该终端的“精密”估算位置。

在这种变形中，是由网关站（不是由该终端）计算“精密”估算位置。

最好是，“精密”定位状态还包括以下步骤:

-7- 利用以前的“精密”估算位置代替“中间”估算位置，该终端反复操作步骤-1-到-5-或-0-到-6-至少一次，获得新的“精密”估算位置。

注意，如果步骤-1-到-5-（或-0-到-6-）利用相同以前的“精密”估算位置被重复操作若干次，则需要提供用于对一个预定的可能位置组确定最佳新的“精密”估算位置的付加步骤。这种预定组包括例如集中在以前的“精密”估算位置圆圈内的所有点和具有等于在以前“精密”估算位置的估算中不确定的半径。

有利地是，在步骤7中，每个新的步骤-1-到-5-或-0-到-6-的重复操作是等于相同卫星实现的，但具有从至少10°分离的终端看的方位角θ和/或高度角α。

这试图估算卫星定位的偏差。例如，对于遵循上述条件的低地球轨道（LEO）卫星导致利用相同卫星进行测量之间等待5分钟。

在一种有优越性的变形中，步骤-1-到-5-或-0-到-6-的每次新的重复操作在步骤-7-的操作是利用不同卫星实现的。

从阅读了按说明性和非限制性的例子和附图的本发明的优选实施例的下列描述本发明的另外的特点和优点将是显而易见的，其中:

图1是本发明的定位方法的一个具体实施例的简化流程图;

图2是表示在图1的流程图中的“粗略”定位状态的一个具体实施例的简化流程图;

图3和4分别用于解释图2流程图的步骤之一的在规定高度下卫星搜索环的剖视图和平面图;

图5和6分别用于解释图2流程图的步骤之一的从等高度表面的卫星看的侧视图和顶视图;

图7是图1流程图所示的“中间”定位状态的一个具体实施例的简化流程图;

图8是表示图7流程图的某些步骤的定时图;

图9在图1流程图中表示的“精密”定位状态的第一具体实施例的简化流程图;

图10是表示图9流程图的某些步骤的定时图;

图11在图1流程图中表示的“精密”定位状态的第二具体实施例的简化流程图。

本发明涉及卫星电信系统的定位一个固定终端的方法。

在常规的方法中，和在上文已经详细说明的方法中，一个卫星电信系统包括一个卫星星阵、多个网关站和多个固定终端。

在图1的具体实施例中，本发明的具体定位方法包括:

“粗略”定位状态1，例如精确到±100km内;

“中间”定位状态2，例如精确到±350m内；和

“精密”定位状态3，例如精确到±60m内。

通过例子的方式，假设每个终端具有两个能够同时接收由两个不同卫星发射信息的方向性天线。不过十分清楚，每个终端可以包括用于从多于两个的卫星同时接收的装置。

现在将参照图2到6描述“粗略”定位状态的一个具体实施例。

如图2的简化流程图所示，在这个“粗略”定位状态1的具体实施例中包括以下步骤:

该终端通过改变其方位角θ搜索和捕获（20）一个预定高度角α的卫星;

该终端从所捕获的卫星接收（21）相关于该所捕获卫星的位置的信息;

该终端从相关于所捕获的卫星的位置信息计算（22）投射到地球的预定模型上的等高度平面和该终端位于该等高度片面上;

该终端重复参照上述步骤20到22，在总数N≥3情况下执行N次重复。因此该终端计算N个该终端在上面的等高度平面。在上步骤20到22的N次重复参照期间所捕获的卫星，例如当由至少30°分离看去时，该终端具有方位角θ。在连续操作期间，所捕获的N个卫星至少一个卫星当从其它两个卫星的方位角至少10°的终端看去具有方位角θ。

该终端通过计算N个等高度表面的交叉，确定（23）“粗略”估算位置。

在步骤20期间，该终端在一个该卫星可以被找到的环上搜索一个卫星，已

知该卫星处于从地球的一个预定高度（例如1500km）上。图3和4分别的这种类型的环30的剖视图和平面图，该环被该终端T用于搜索具有规定高度α的卫星S。在这个搜索和捕获状态20期间，该终端的两个方向天线调整到相同的高度角，每个覆盖大约180°的方位角θ。

图5和6分别是在步骤22期间，由终端T计算的等高度表面的侧视图和顶视图（从卫星S看）。考虑到投射到一个完整的球形地球模型，和由于作为高度角α的不确定性$\delta\alpha$，等高度表面是一个环50。另外十分清楚，更复杂的地球模型也利用同样地不脱离本发明的范围地考虑。

在这种“粗略”定位状态1的结束时，该终端具有一个“粗略”估算的位置24，例如精度在200km（即，在$\pm$100km内）内。另外，该终端可以利用该终端的“粗略”定位和连续捕获的N个卫星连同数ms的时间校正一起校正方位角的倾斜度，例如在$\pm$2°范围内，这样使得可以保持整个接着的“中间”和“精密”定位状态的低于一秒的时间基准。

现在将参照土7和8描述“中间”定位状态2的一个具体实施例。

如图7的简化流程图所表示，在这个具体的实施例中，“中间”定位状态包括以下步骤:

在第一时间t1′，该终端从第一启动卫星（“卫星1”）接收（70）涉及时间t1的由第一启动卫星的第一信息发送和在时间t1的第一启动卫星的位置p1的第一信息;

在与第一t1′时间相同或相近的第二时间t2′，该终端从第二启动卫星（“卫星2”）接收（71）涉及时间t2的由第二启动卫星的第二信息发送和在时间t2的第一启动卫星的位置p2的第一信息;

该终端计算（72）该终端所位于的第一双曲面$H_{1,2}$（下文详细解释）;

该终端重复操作步骤70到72实现总数为N（N≥3）的迭代。因此该终端计算N个该终端所位于的双曲面;

和该终端通过计算N个已知“粗略”估算位置24的双曲面迭代，确定（73）一个“中间”估算位置74。

利用以前的“中间”估算位置74代替“粗略”估算位置24，该终端可以重复操作M次上述步骤70到72个步骤73的N次迭代，使得获得M次新的“中间”

估算位置74′。

这些M次新的“中间”估算位置可以，或者从以前迭代的中间估算位置中，或者从所有相同（以前的“粗略”或“中间”）估算位置中连续地进行计算。

在第二种情况下，确定“中间”估算位置的步骤73可以被忽略。这是当误差累积超过M个“中间”估算位置的或从相同以前“粗略”或“中间”估算位置的时，通过从使该终端的“中间”估算位置的误差最小的预定一组点搜索p点实现的。例如该预定一组点是一个中心在“粗略”估算位置（对于“中间”估算位置的第一计算）或者以前“中间”估算位置（对于新的“中间”估算位置的每次计算），和其半径在（以前“粗略”或“中间”）估算位置是不确定数（该以前“粗略”或“中间”估算位置是圓盘的中心）的圓盘

在步骤72由该终端按以下方式计算的每个双曲面$H_{i,j}$:

$H_{i,j}=d\,j-d\,i=(t\,j'-t\,j)\cdot c-(t\,i'-t\,i)\cdot c$，其中:

-d i 是在时间t i该终端和第i个启动卫星的位置p i之间的距离;

-d j 是在时间t j该终端和第j个启动卫星的位置p j之间的距离;

-t i 和t j是分别由第i和第j个卫星的发送时间;

-t i ′和t j ′是由该终端的第i和第j接收时间; 和

-c是光速。

定义每个双曲面$H_{i,j}$的方程还可以被写为:

$H_{i,j}=d\,j-d\,i=(t\,j'-t\,i')\cdot c-(t\,j-t\,i)\cdot c=\Delta t'\cdot c-\Delta t\cdot c$

因为该终端接收t i和t j，所以它可以计算Δt′ 和Δt。该终端测量t i ′和t j ′本身。因此，该终端知道在分别在时间t i和t j时，第i和第j卫星的位置pi和pj，从而该终端可以计算出双曲面$H_{i,j}$。

双曲面$H_{i,j}$是利用在一个规定时间同时启动的两个启动卫星，或者仅在各卫星之间进行切换期间同时启动的两个启动卫星（相应出网和入网的）进行计算的。

该终端的两个方向性天线的每一个指向一个单独的卫星。正如上文已经解释过的那样，十分清楚，该终端同时从多于两个的启动卫星进行接收，在这种情况下，从接收到的信息中可以计算多个双曲面。每对卫星被用于计算一个双曲面。

图8表示利用相应所涉及的单元的时间t1、t2、t1′和t2′（即，第一卫星的t1、第二卫星的t2、和该终端的t1′和t2′），以及时间间隔Δt和Δt′。图8还表示网关站在时间t_S^1和t_S^2发射第一和第二卫星在时间t1和t2发射的第一和第二信息。注意，在该例子中，规定的网关站利用暂时预补偿进行发射（在时间t_S^1和t_S^2），使得由第一和第二卫星发射的第一和第二信息（在时间t_S^1和t_S^2）同时被网关站（在时间t_{GW}^0）基本上同时被接收。

在这个“中间”定位状态1结束时，该终端具有“中间”估算位置74，例如精确到±350m。

现在将结合图9、10和11描述“精密”定位状态3的第一和第二具体实施例。

在“精密”定位状态3的第一具体实施例中包括以下步骤:

该网关站（与终端所在的小区相关的）经由卫星向终端发送（90）一个预定消息。如图10所示，网关站在时间t_{GW}^0进行发射和卫星在t_S^0进行发射;

终端接收在时间t_T^0接收预定消息和，知道估算的“中间”位置和启动卫星的时实时间，和产生和然后经由启动卫星向网关站发射（91）一个指示预定消息的接收时间t_T^0和响应消息的发射时间t_T中间的具体时间周期Δt_T的响应消息。如图10所示，卫星在时间t_S发射由终端在时间t_T发射的响应消息;

在时间“测量的t_{GW}”，网关站接收一个响应消息和从关响应消息计算（92）涉及来自终端的响应消息的超前定时Δt_{TA}信息。网关站计算“测量的t_{GW}”接收时间和“期望的t_{GW}”之间的差Δt_{TA}。仅如果使用的估算的位置精确地与终端的实际位置一样时，存在着零定时超前：$\Delta t_{TA}=0$;

网关站经由启动卫星发射（93）涉及定时超前Δt_{TA}信息到终端;

从涉及定时超前Δt_{TA}和“中间”估算位置，终端计算（94）其“精密”估算位置95;

利用以前的“精密”估算位置95代替“中间”估算位置74或74′，终端重复存在步骤90到92M次，获得新的“精密”估算位置95′。例如，M次迭代的每一次是利用不同卫星进行的。注意，如果是利用相同卫星进行的，则关卫星最好是从分隔至少10°的两次连续迭代的终端看过去具有方位角θ和/或高度角

α的卫星。

可以从前次迭代的“精密”估算位置或者从相同（以前“中间”或“精密”）估算位置连续地计算M个新的“精密”估算位置。

在第二种情况下，步骤94确定的“精密”估算位置95可以被优化。这是当误差累积超过M个“精密”估算位置或从相同以前的“中间”或“精密”估算位置时，通过从终端的“精密”估算位置中最小化误差的预定的一组点中搜索点p进行的。例如，最小化误差的预定的一组点是中心在“中间”估算位置（对于“精密”估算位置的第一次计算的）或以前“精密”估算位置（对于每次“精密”估算位置的新的计算的），和其半径在（以前的“中间”或“精密”估算位置）是不确定的一个圆盘。

表示在图11的“精密”定位状态3的第二实施例的流程图与第一实施例的区别在于：是网关站，而不是终端确定关终端的“精密”估算位置。

在“精密”定位状态的第二实施例中，除了在图9中的步骤90到93和上面已经解释的外，还包括以下以前的和最后的步骤；

终端经由启动卫星向发射（110）涉及其“精密”估算位置的信息；和

网关站经由启动卫星向终端发射（112）终端的“中间”估算位置的信息；

另外，在图9的步骤94被以下步骤取代；

从涉及定时和“中间”估算位置的信息，网关站计算（111）终端的“精密”估算位置。

显而易见，可以考虑许多本发明的其它实施例。特别是，可以提供与上文已描述过的“中间”定位状态可比较的其它“粗略”和“精密”定位状态。

说 明 书 附 图

图 1

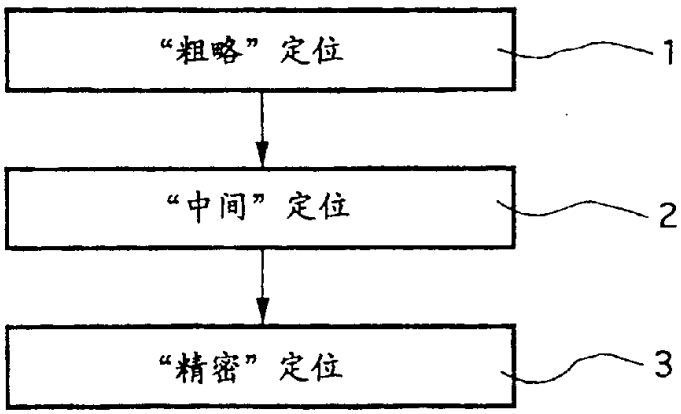

“粗略”定位
1
“中间”定位
2
“精密”定位
3

图 2

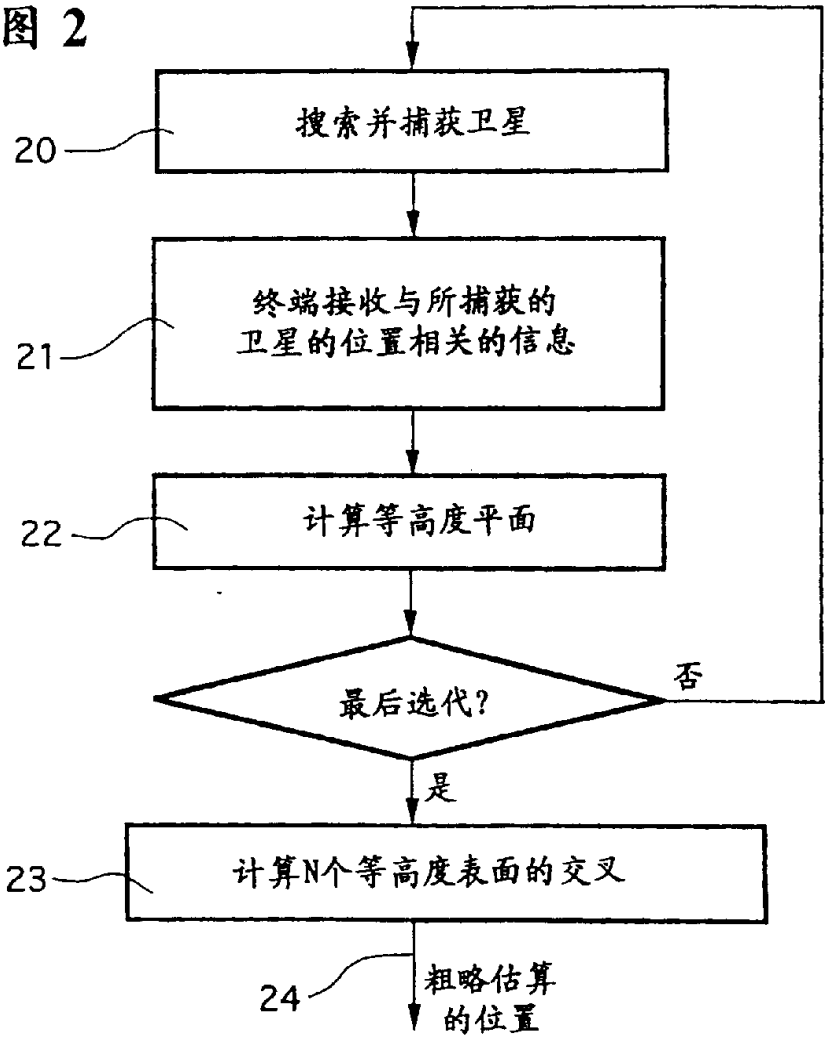

搜索并捕获卫星
20
终端接收与所捕获的
卫星的位置相关的信息
21
计算等高度平面
22
最后选代?
否
是
计算N个等高度表面的交叉
23
粗略估算
的位置
24

图 3

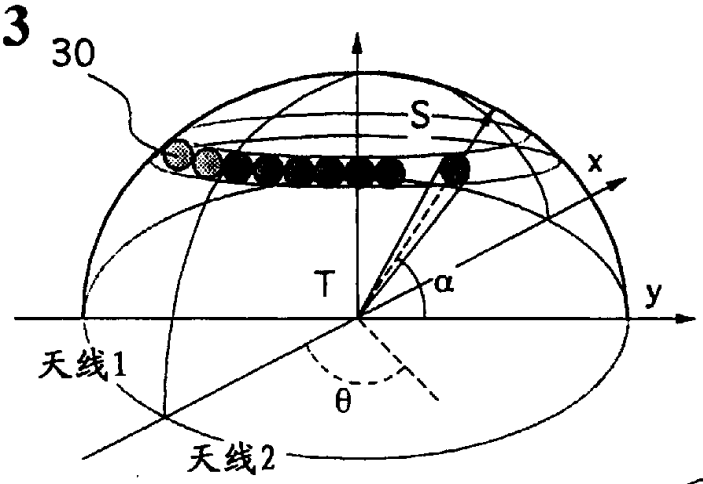


图 4

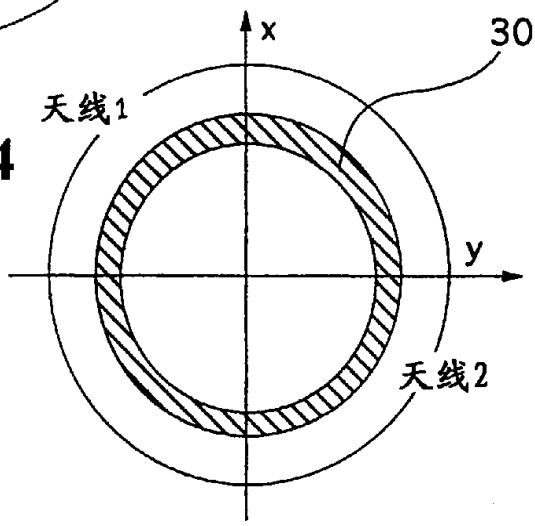


图 5

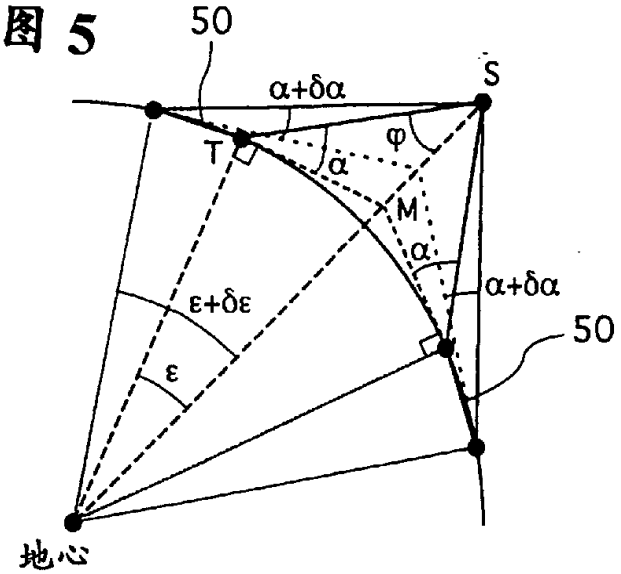


图 6

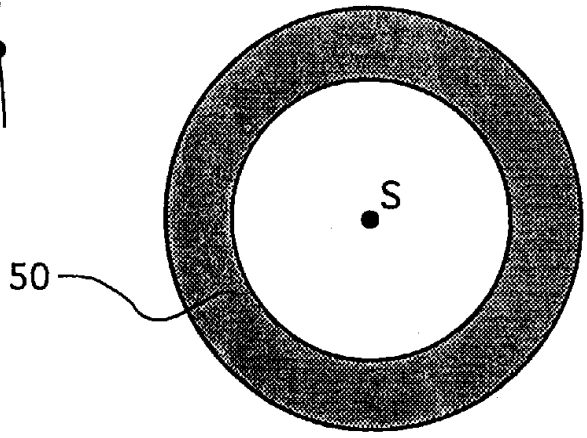


图 7

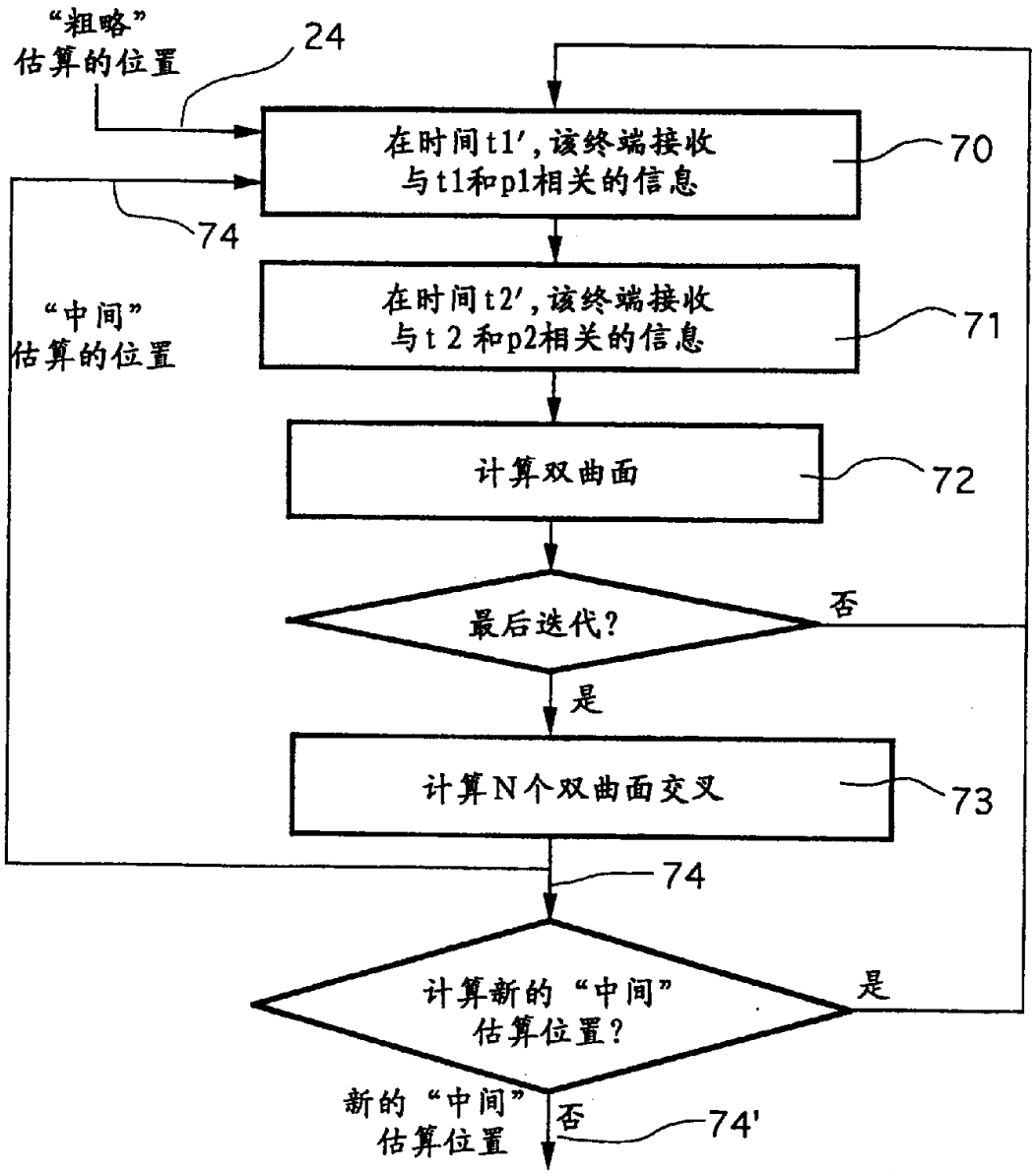

"粗略"
估算的位置
24
在时间t1′,该终端接收
与t1和p1相关的信息
70
74
"中间"
估算的位置
在时间t2′,该终端接收
与t2和p2相关的信息
71
计算双曲面
72
最后迭代?
否
是
计算N个双曲面交叉
73
74
计算新的"中间"
估算位置?
是
新的"中间"
估算位置
否
74'

图 8

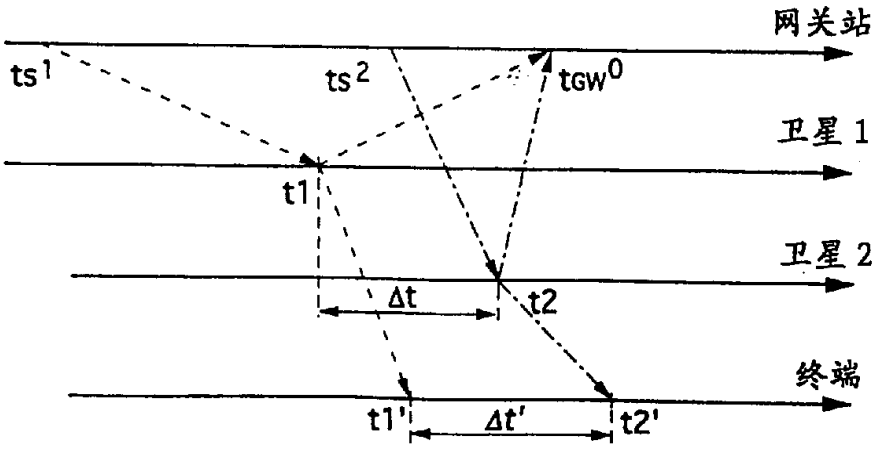

网关站
ts1
ts2
tGW0
卫星 1
t1
卫星 2
Δt
t2
终端
t1'
Δt'
t2'

图 9

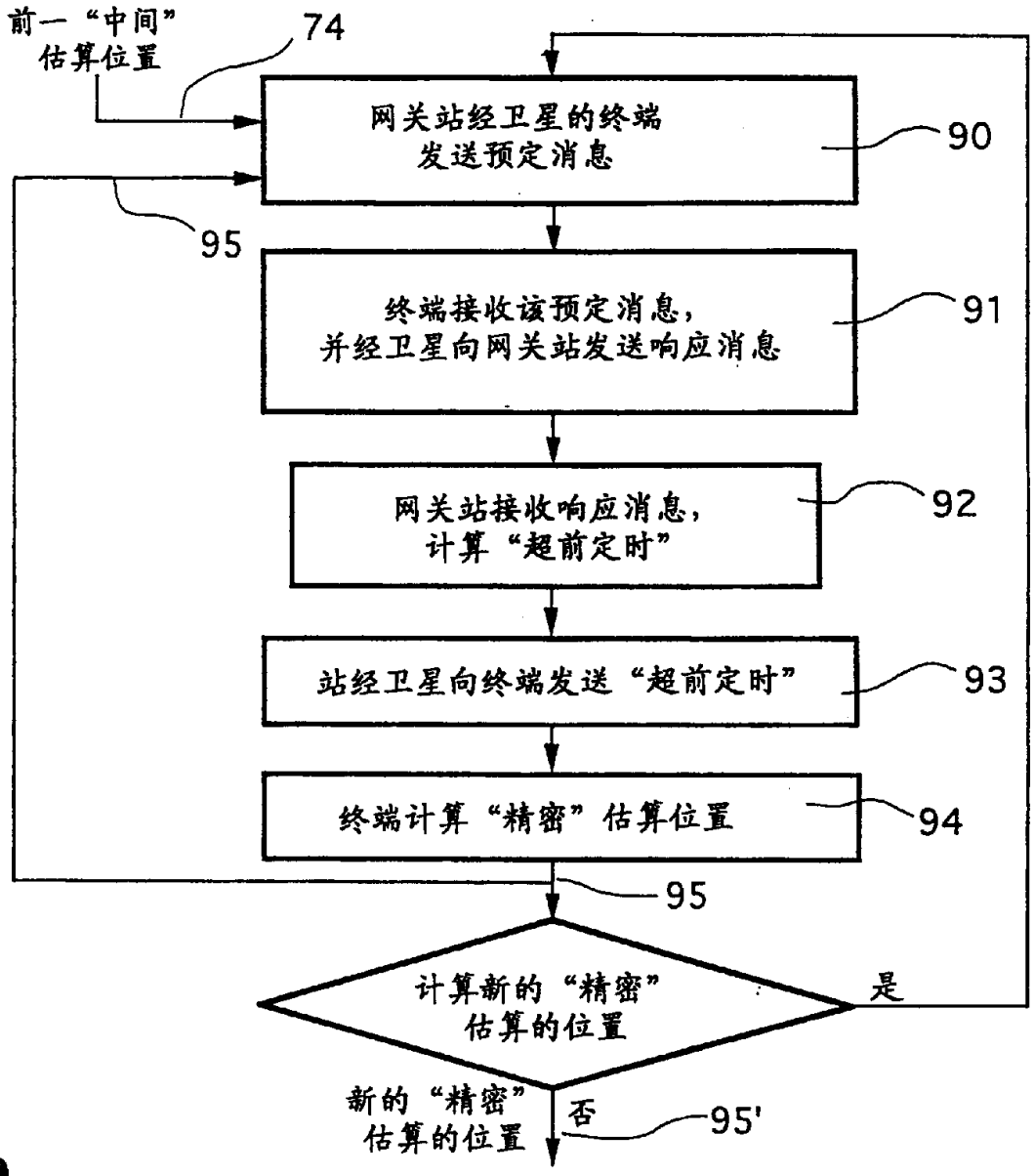

前一“中间”
估算位置
74
网关站经卫星的终端
发送预定消息
90
95
终端接收该预定消息，
并经卫星向网关站发送响应消息
91
网关站接收响应消息，
计算“超前定时”
92
站经卫星向终端发送“超前定时”
93
终端计算“精密”估算位置
94
95
计算新的“精密”
估算的位置
是
新的“精密”
估算的位置
否
95'

图 10

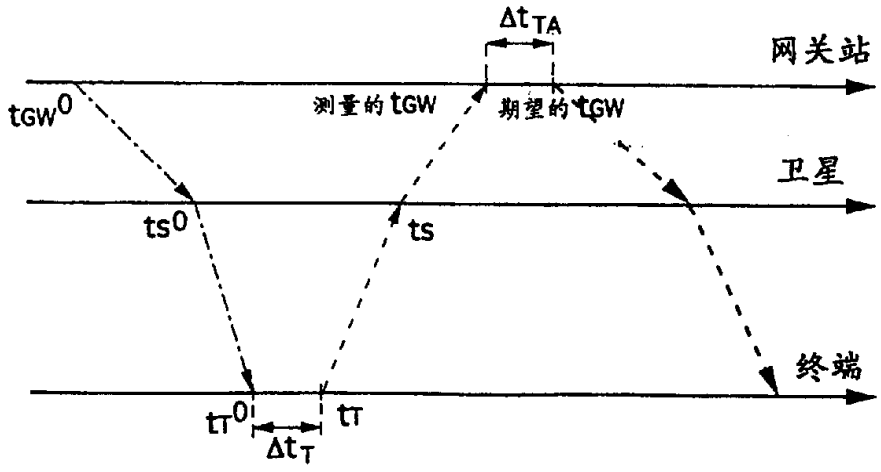
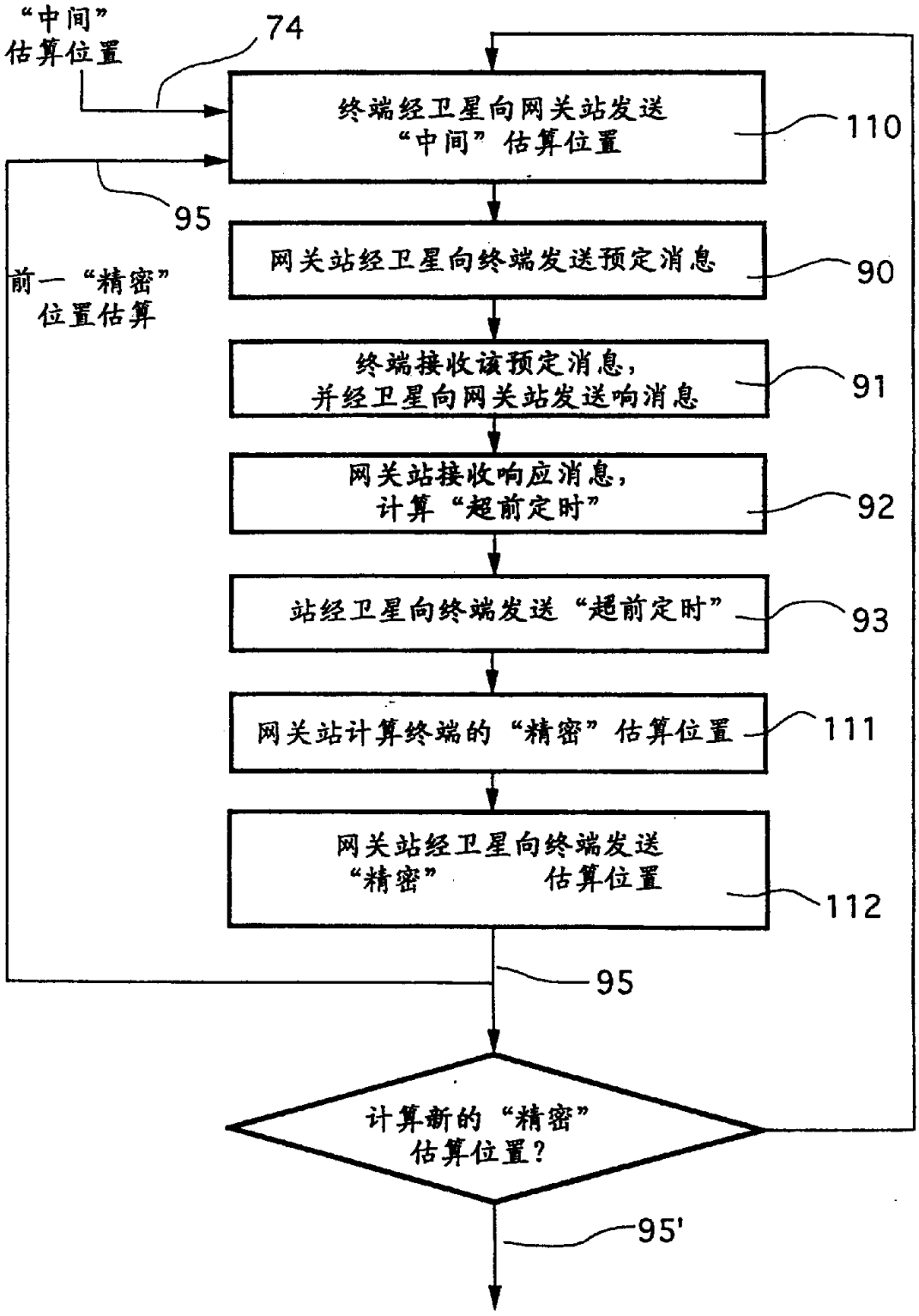

ΔtTA
网关站
tGW0
测量的tGW
期望的tGW
卫星
ts0
ts
终端
tT0
tT
ΔtT

图 11


"中间"
估算位置
74
终端经卫星向网关站发送
"中间"估算位置
110
95
网关站经卫星向终端发送预定消息
90
前一"精密"
位置估算
终端接收该预定消息，
并经卫星向网关站发送响消息
91
网关站接收响应消息，
计算"超前定时"
92
站经卫星向终端发送"超前定时"
93
网关站计算终端的"精密"估算位置
111
网关站经卫星向终端发送
"精密" 估算位置
112
95
计算新的"精密"
估算位置?
95'