



(19) 中華民國智慧財產局

(12) 發明說明書公告本

(11) 證書號數：TW I418833 B

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 12 月 11 日

(21) 申請案號：098108245

(22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 03 月 13 日

(51) Int. Cl. : G01S1/00 (2006.01)

(30) 優先權：2008/03/14 美國 12/048,382

(71) 申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)  
美國(72) 發明人：範迪葛蘭 弗蘭克 VANDIGGELEN, FRANK (US)；亞伯拉罕 查理斯 ABRAHAM,  
CHARLES (US)

(74) 代理人：莊志強

(56) 參考文獻：

TW 487806

EP 1876467A1

US 2002/0188403A1

US 2007/0080856A1

WO 2007/092523A2

審查人員：高健忠

申請專利範圍項數：8 項 圖式數：8 共 0 頁

(54) 名稱

處理衛星信號的方法及系統

METHOD AND SYSTEM FOR GENERATING TEMPORARY EPHEMERIS

(57) 摘要

本發明涉及產生臨時星曆的方法和系統，包括基於接收到的來自多個衛星的衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星歷數據已被所述衛星接收機接收。臨時星歷數據可以根據所述確定的衛星接收機的一個或多個位置和來自具有不完整星歷數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生。基於所產生的臨時星歷數據和第二多個衛星信號，可以確定衛星接收機的一個或多個估算位置，其中第二多個衛星中至少有一個是與具有不完整星歷數據的一個或多個衛星相關聯。臨時星歷數據可以通過生成轉置衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距的變化率來產生。

Aspects of a method and system for generating temporary ephemeris may include determining one or more positions of a satellite receiver based on a plurality of satellite signals received from a plurality of satellites for which complete ephemeris data has been received at the satellite receiver. Temporary ephemeris data may be generated from the determined one or more positions of the satellite receiver and one or more satellite signals from one or more satellites with incomplete ephemeris data. One or more estimated positions of the satellite receiver may be determined based on the generated temporary ephemeris and a second plurality of satellite signals, wherein at least one of the second plurality of satellite signals is associated with the one or more satellites with incomplete ephemeris data. The temporary ephemeris data may be generated by generating a translated satellite position and a rate of change of an associated receiver clock corrected pseudorange.

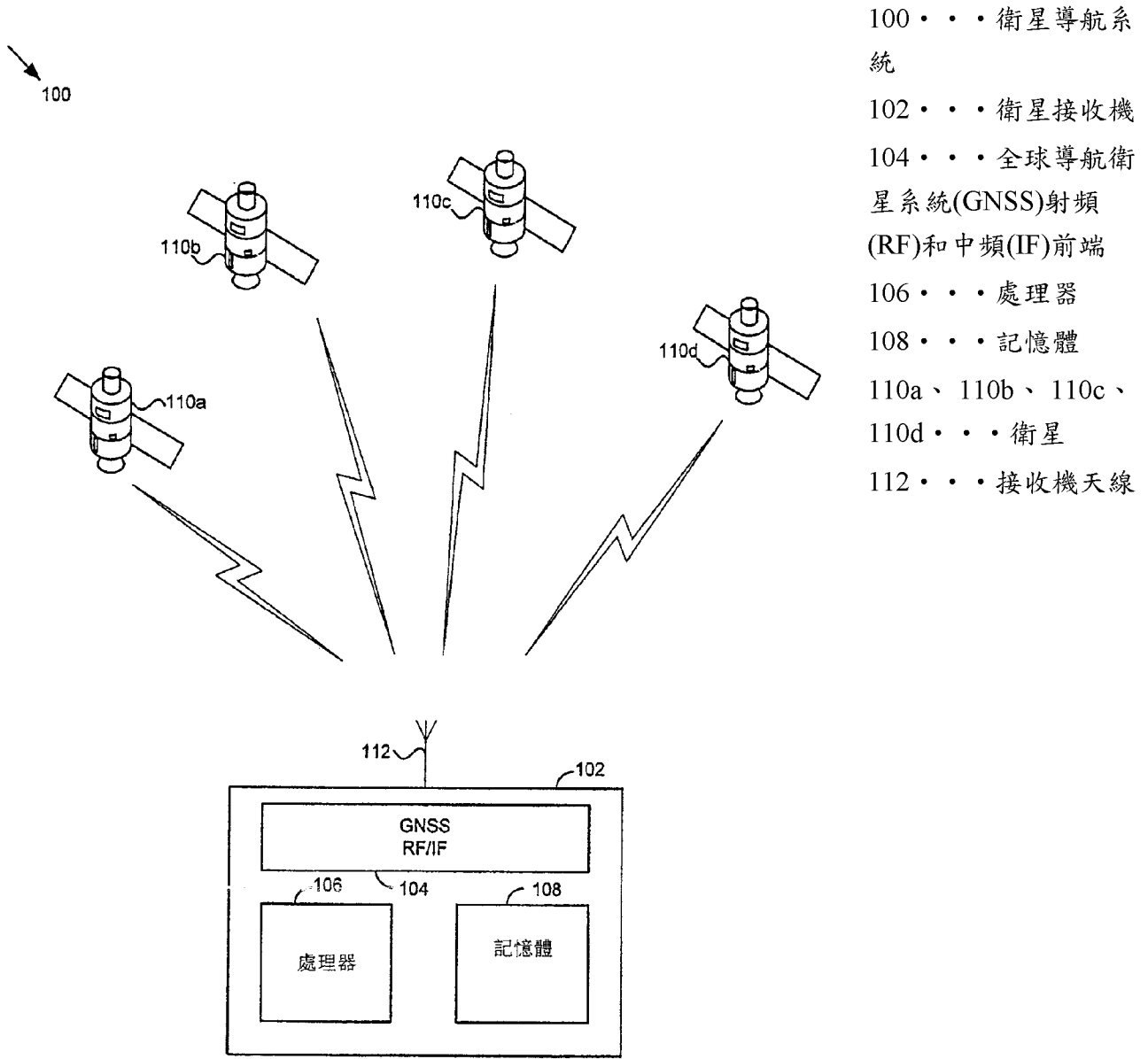


圖 1

## 發明摘要

公告本

※申請案號：98108245

※申請日：98.3.13.

※IPC分類：G01S 1/00(2006.01)

## 【發明名稱】(中文/英文)

處理衛星信號的方法及系統

Method and System for Generating Temporary Ephemeris

## 【中文】

本發明涉及產生臨時星曆的方法和系統,包括基於接收到的來自多個衛星的衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置,其中所述多個衛星的完整星曆數據已被所述衛星接收機接收。臨時星曆數據可以根據所述確定的衛星接收機的一個或多個位置和來自具有不完整星曆數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生。基於所產生的臨時星曆數據和第一多個衛星信號,可以確定衛星接收機的一個或多個估算位置,其中第一多個衛星中至少有一個是與具有不完整星曆數據的一個或多個衛星相關聯。臨時星曆數據可以通過生成轉置衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距的變化率來產生。

## 【英文】

Aspects of a method and system for generating temporary ephemeris may include determining one or more positions of a satellite receiver based on a plurality of satellite signals received from a plurality of satellites for which complete ephemeris data has been received at the satellite receiver. Temporary ephemeris data may be generated from the determined one or more positions of the satellite receiver and one or more satellite signals from one or more satellites with incomplete ephemeris data. One or more estimated positions of the satellite receiver may be determined based on the

5

generated temporary ephemeris and a second plurality of satellite signals, wherein at least one of the second plurality of satellite signals is associated with the one or more satellites with incomplete ephemeris data. The temporary ephemeris data may be generated by generating a translated satellite position and a rate of change of an associated receiver clock corrected pseudorange.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：圖 1。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 100 衛星導航系統
- 102 衛星接收機
- 104 全球導航衛星系統  
(GNSS)射頻(RF)和中  
頻(IF)前端
- 106 處理器
- 108 記憶體
- 110a、 衛星
- 110b、
- 110c、
- 110d
- 112 接收機天線

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

處理衛星信號的方法及系統

Method and System for Generating Temporary Ephemeris

## 【技術領域】

本發明涉及用於衛星導航系統的信號處理，具體涉及產生臨時星曆的方法及系統。

## 【先前技術】

全球導航衛星系統(GNSS)接收機通常通過接收來自多個衛星的衛星廣播信號來確定其位置。這些衛星，例如對於全球定位系統(GPS)是 24 顆，廣播射頻信號，該射頻信號中包括衛星接收機用於確定自身位置所需的資訊。通過測量廣播信號從衛星傳播到衛星接收機所需的時間以及發射衛星的已知位置，衛星接收機可以使用三角測量術確定自身位置。一般，為了確定自身位置，衛星接收機至少需要解碼三個衛星信號。

比較本發明後續將要結合附圖介紹的系統，現有技術的其他局限性和弊端對於本領域的普通技術人員來說是顯而易見的。

## 【發明內容】

本發明涉及產生臨時星曆的方法及系統，通過至少一幅附圖示出和/或結合至少一幅附圖進行了描述，並在權利要求中作出完整概括。

根據本發明的一方面，提供一種處理衛星信號的方法，包括：基於從多個衛星接收到的多個衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星曆數據已由所述衛星接收機接收；從所述確定的所述衛星接收機的一個或多個位置、以及來自具有不完整星曆數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生臨時星曆；基於所產生的臨時星曆和第二多個衛星信號確

定所述衛星接收機的一個或多個估算位置，其中所述第二多個衛星信號中至少有一個是與所述帶有不完整星歷數據的一個或多個衛星相關聯。

作為優選，所述方法還包括通過生成轉置衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距變化的化率來產生臨時星歷數據。

作為優選，所述方法還包括基於曆書衛星位置產生轉置衛星位置。

作為優選，所述方法還包括在由所述接收機時鐘校正偽距和/或所述接收機時鐘校正偽距關聯的變化率所確定的位置產生所述轉置衛星位置。

作為優選，所述方法還包括基於所述多個衛星信號和/或所述第二多個衛星信號的一個或多個多普勒頻率測量來產生所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。

作為優選，所述方法還包括基於多個偽距測量來產生所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。

作為優選，所述方法還包括至少根據接收機時鐘偏移和偽距測量確定所述接收機時鐘校正偽距。

作為優選，所述方法還包括當所述衛星接收機從之前接收到不完整星歷數據的所述一個或多個衛星接收完整星歷數據時，使用這些完整的星歷數據和所述確定的一個或多個位置來確定所述衛星接收機的位置。

作為優選，所述方法還包括基於新產生的臨時星曆更新所述衛星接收機的估算位置，直到所述衛星接收機從之前接收到不完整星歷數據的所述一個或多個衛星接收到完整星歷數據。

作為優選，所述方法還包括基於關聯接收機時鐘校正偽距的變化率和轉置衛星位置來更新所產生的臨時星歷數據。

作為優選，所述多個衛星、第二多個衛星和所述衛星接收機遵循全球定位系統(GPS)標準、伽利略(GALILEO)標準、

GLOSNAASS 標準、IRNSS 標準和北斗(BEIDOU)標準，其中從所述第二多個衛星接收到第二多個衛星信號。

根據本發明的一方面，提供一種用於處理衛星信號的系統，包括：一個或多個電路，所述一個或多個電路使能：基於從多個衛星接收到的多個衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星歷數據已由所述衛星接收機接收；從所述確定的所述衛星接收機的一個或多個位置、以及來自具有不完整星歷數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生臨時星曆；基於所產生的臨時星曆和第二多個衛星信號確定所述衛星接收機的一個或多個估算位置，其中所述第二多個衛星信號中至少有一個是與所述帶有不完整星歷數據的一個或多個衛星相關聯。

作為優選，所述一個或多個電路通過生成轉置衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距的變化率來產生臨時星歷數據。

作為優選，所述一個或多個電路基於曆書衛星位置產生轉置衛星位置。

作為優選，所述一個或多個電路在由所述接收機時鐘校正偽距和/或所述接收機時鐘校正偽距關聯的變化率所確定的位置產生所述轉置衛星位置。

作為優選，所述一個或多個電路基於所述多個衛星信號和/或所述第二多個衛星信號的一個或多個多普勒頻率測量來產生所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。

作為優選，所述一個或多個電路基於多個偽距測量來產生所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。

作為優選，所述一個或多個電路至少根據接收機時鐘偏移和偽距測量確定所述接收機時鐘校正偽距。

作為優選，所述一個或多個電路當所述衛星接收機從之前接收到不完整星歷數據的所述一個或多個衛星接收完整星歷數據



時，使用這些完整的星歷數據和所述確定的一個或多個位置來確定所述衛星接收機的位置。

作為優選，所述一個或多個電路基於新產生的臨時星曆更新所述衛星接收機的估算位置，直到所述衛星接收機從之前接收到不完整星歷數據的所述一個或多個衛星接收到完整星歷數據。

作為優選，所述一個或多個電路基於關聯接收機時鐘校正偽距的變化率和轉置衛星位置來更新所產生的臨時星歷數據。

作為優選，所述多個衛星、第二多個衛星和所述衛星接收機遵循全球定位系統(GPS)標準、伽利略(GALILEO)標準、GLOSNASS標準、IRNSS標準和北斗(BEIDOU)標準，其中從所述第二多個衛星接收到第二多個衛星信號。

本發明的各種優點、各個方面和創新特徵，以及其中所示例的實施例的細節，將在以下的描述和附圖中進行詳細介紹。

#### 【圖式簡單說明】

圖 1 是根據本發明實施例的示例性衛星導航系統的示意圖；

圖 2 是根據本發明實施例的二維佈置的示例性衛星導航系統的示意圖；

圖 3 是根據本發明實施例的二維佈置的具有時間偏移的示例性衛星導航系統的示意圖；

圖 3B 是根據本發明實施例的示例性衛星定位的示意圖；

圖 4 是根據本發明實施例的基於衛星曆書位置的示例性構建臨時星曆的示意圖；

圖 5 是根據本發明實施例的預測誤差的示意圖；

圖 6 是根據本發明實施例的未使用曆書位置的臨時星曆的示意圖；

圖 7 是根據本發明實施例的計算衛星接收機位置的示例性演算法的流程圖。

## 【實施方式】

本發明涉及產生臨時星曆的方法和系統。產生臨時星曆的方法和系統包括基於接收到的來自多個衛星的衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星曆數據已被所述衛星接收機接收。臨時星曆數據可以根據所述確定的衛星接收機的一個或多個位置和來自具有不完整星曆數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生。基於所產生的臨時星曆數據和第二多個衛星信號，可以確定衛星接收機的一個或多個估算位置，其中第二多個衛星信號中至少有一個是與具有不完整星曆數據的一個或多個衛星相關聯。

臨時星曆數據可以通過生成轉置(translated)衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距的變化率來產生。轉置衛星位置可基於曆書衛星位置、或由所述接收機時鐘校正偽距和/或所述與接收機時鐘校正偽距關聯的變化率所確定的位置來產生。所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率可基於所述多個衛星信號和/或所述第二多個衛星信號的一個或多個 Doppler 頻率測量值來產生，或基於多個偽距測量值來產生。接收機時鐘校正偽距至少可根據接收機時鐘偏移和偽距測量來確定。當衛星接收機可以從之前接收機接收到其不完整星曆數據的一個或多個衛星接收完整星曆數據時，利用這些完整的星曆數據和確定的一個或多個位置來確定衛星接收機的位置。

圖 1 是根據本發明實施例的示例性衛星導航系統的示意圖。如圖 1 所示，衛星導航系統 100 包括衛星接收機 102 和多個衛星，如圖示出的衛星 110a、110b、110c、110d。衛星接收機連接有接收機天線 112。衛星接收機 102 可包括全球導航衛星系統(GNSS)射頻(RF)和中頻(IF)前端 104、處理器 106 和記憶體 108。

衛星 110a 至 110d 可包括適當的邏輯、電路和/或代碼，用於產生和廣播適當的 RF 信號，該 RF 信號被衛星接收機(例如衛星接

收機 102)接收以確定衛星接收機 102 的位置。衛星接收機 102 包括適當的邏輯、電路和/或代碼，用於接收衛星(例如衛星 110a 至 110d)廣播的信號，並處理接收信號以確定衛星接收機 102 的位置。GNSS RF/IF 前端 104 包括適當的邏輯、電路和/或代碼，用於經由接收機天線 112 接收衛星廣播信號，並以所需的方式對其進行處理以產生基帶信號，以便在衛星接收機 102 和處理器 106 中進一步處理。記憶體 108 可包括適當的邏輯、電路和/或代碼，使能存儲和訪問資料和代碼，該代碼包括衛星接收機 102 和處理器 106 執行的操作指令的代碼。

在圖 1 中，示出了示例性的衛星導航方案，其中衛星接收機 102 可以接收多個衛星信號，從這些信號中衛星接收機 102 能夠提取確定其自身位置所需要的資訊。衛星接收機 102 以及這些衛星，例如衛星 110a 至 110d，可以在由美國國防部開發和操作的全球定位系統(GPS)中運行。根據本發明的各個實施例，本發明不限於應用於 GPS 系統，也可應用於其他 GNSS 系統，例如 GALILEO、GLONASS、IRNSS 和 BEIDOU。

圖 2 是根據本發明實施例的二維佈置的示例性衛星導航系統的示意圖。如圖 2 所示，衛星導航系統 200 包括位置  $p$  處的接收機 202(小圓所示)、衛星 210a 和 210b、由虛線圓所示的地球表面 203 以及示例性坐標系統 206。示例性坐標系統 206 為二維坐標系統  $\square^2$ ，包括單位向量  $x$  和  $y$ ，其中  $\square$  表示實數集， $\square^n$  表示具有實座標(real coordinate)的  $n$  維空間。圖中還示出了衛星 210a 在  $\square^2$  中的位置(由  $p(210a)$  表示)、衛星 210b 在  $\square^2$  中的位置(由  $p(210b)$  表示)、交點  $q$ 、衛星 210a 到衛星接收機 202 的距離  $r(210a)$  和衛星 210b 到衛星接收機 202 的距離  $r(210b)$ 。

為了說明從衛星，例如衛星 210a 和 210b 確定接收機 202 的位置的原理，以圖 2 所示的二維場景來舉例更為簡便。實際中遇到的三維案例可以當作是二維案例所演示的原理向三維的擴展。

確定衛星接收機 202 位置  $p$  的原理可以是基於已知的衛星位置，例如  $p(210a)$  和  $p(210b)$ ，測量從衛星接收機 202 到多個衛星的距離，例如  $r(210a)$  和  $r(210b)$ 。基於測量到的從衛星 210a 和 210b 到衛星接收機 202 的距離和已知的衛星位置，每一個衛星可以定義一個由位置組成的圓(在  $\square^2$  中)，其中這些位置到所述衛星的距離是指定的，如圖 2 所示。在兩個衛星的情況下，有兩個相交點：一個是想要的位址  $p$ ，另一個是相交點  $q$ 。從圖 2 可觀察出只有  $p$  接近地球表面。因而，只有  $p$  可以是衛星接收機 202 位置的可行解。因此，在圖 2 所示的二維設想中，從原理上講兩個衛星足以確定出位置  $p$ 。在二維情況下，位置  $p$  可由以下關係式的解得出：

$$r(k) = \| p(k-p) \|, k=210a, 210b$$

在三維情況下，圍繞衛星的圓將變成球面，兩個球面相交將產生可行解的圓。將該圓與另一個球面相交，就會找到兩個可能的位置。同理，兩個解中只有一個接近地球表面。因此，在三維情況下，該位置解需要多一顆衛星來解決額外的一維，且該位置可由以下關係式的解得出，其中  $k$  代表不同的衛星：

$$r(k) = \| p(k)-p \|, k=1, 2, 3$$

每一個衛星，例如衛星 210a 和 210b，可以廣播信號，這些信號包含用於確定衛星位置的資訊。一旦衛星進入軌道，其位置是可以預測的。衛星的預測位置通常可通過衛星接收機中的曆書中獲得，並可存儲於例如記憶體 108 中。由於計算衛星位置中的某些不完整性，GPS 地面站會監測衛星的準確位置。為了校正曆書位置的偏差，地面站可向衛星提供資料，當衛星接收機接收來自衛星的信號時，這個資料使得衛星位置的確定精確度很高。這個資料僅在一個有限的時間段內有效，業內通常將其稱之為星歷數據。每一顆衛星都將廣播其星歷數據，並可由衛星接收機接收。衛星  $k$  的衛星位置  $p(k,t)$  可使用星歷數據來計算。因此可使用一個校正因數  $\Delta(k,t)$  將指定衛星  $k$  的曆書位置(almanac position)  $P(k,t)$

與位置  $p(k,t)$  聯繫起來，如以下關係式所示：

$$p(k,t) = P(k,t) + \Delta(k,t) \quad |$$

其中變數  $t$  代表時間，表示衛星位置可以作為時間的函數而變化。根據本發明的各個實施例，如果衛星接收機，例如衛星接收機 202，可獲得校正因數  $\Delta(k,t)$ ，衛星  $k$  的準確位置就可以高的精確度確定。從衛星  $k$  到衛星接收機 202 的距離  $r(k)$  可通過測量信號從衛星傳播到衛星接收機 202 所花費的時間來計算。衛星可在預定的時間發射信號。每一個衛星可使用擴頻碼來廣播其包含各種資訊的信號，且每一個衛星使用的擴頻碼都是唯一的。衛星接收機已知這些擴頻碼，並將該擴頻碼的本地拷貝與接收信號關聯起來，以計算出廣播信號到達衛星接收機 202 所花費的時間。由於最初衛星接收機 202 的時鐘可能與衛星時鐘不同步，要額外增加一個常數  $b$  測量值才會準確。額外增加的這個資料  $b$  對所有衛星來說都是相同的。

圖 3 是根據本發明實施例的二維佈置的具有時間偏移的示例性衛星導航系統的示意圖。如圖 3 所示，衛星導航系統 300 包括位置  $p$  處的接收機 302 (小圓所示)、衛星 310a、310b 和 310c、及示例性的坐標系統 306。

示例性坐標系統 306 為二維坐標系統  $\square^2$ ，包括單位向量  $x$  和  $y$ ，其中  $\square$  表示實數集， $\square^n$  表示具有實座標 (real coordinate) 的  $n$  維空間。圖中還示出了衛星 310a 在  $\square^2$  中的位置 (由  $p(310a)$  表示)、衛星 310b 的位置 (由  $p(310b)$  表示)、衛星 310c 的位置 (由  $p(310c)$  表示)、衛星 310a 到衛星接收機 302 的距離  $r(310a)$ 、衛星 310b 到衛星接收機 302 的距離  $r(310b)$  和衛星 310c 到衛星接收機 302 的距離  $r(310c)$ 。這 3 個距離用實線圓示出。圖中還示出了對應於  $r(310a)+b$  和  $r(310b)+b$  的粗體虛線圓，及對應於  $r(310c)+b$  的粗體點劃線圓。

對於圖 3 而言，用二維設想來舉例是有用的。實際中遇到的

三維案例可以當作是二維案例所演示的原理向三維的擴展。

如圖 3 所示，當時鐘是同步的情況下，兩顆衛星足以確定位置  $p$ 。但是當衛星和衛星接收機 302 之間的時鐘不同步時，需要得到一個額外變數  $b$  的解，因此需要另一顆衛星。從對應於衛星 310a 和 310b 的距離偏移圓的粗體虛線，可以觀察到兩圓相交可產生兩個相交點，與圖 2 相似。但是第三顆衛星，如圖中點劃線所示的衛星 310c 不與衛星 310a 和 310b 產生的距離加偏移圓相交點之一相交。但是，如果去掉偏移量  $b$ ，如衛星 310a、310b 和 310c 的三個實線圓所示，三個圓相交於位置  $p$ 。因此，使用額外增加的衛星，共同偏移量  $b$  可通過保證至少三個衛星可相交於一個共同點來確定。

同樣的方法可以延伸以三維空間，使用四顆衛星，這樣就能夠解出偏移量  $b$ 。相應地，三維空間中的位置和偏移量  $b$  可以由四顆衛星確定出，通過使用如下關係式：

$$r(k)+b = \|p(k)-p\| + b, k=1, 2, 3, 4$$

在 GPS 系統中，可用於通過與相關碼的本地拷貝關聯確定距離的擴頻碼被稱為 C/A 碼。對於各個衛星 C/A 碼是唯一的，因此可以標識衛星信號。C/A 碼可包括 1023 個碼片(chips)，且需要 1ms 時間發送。對於每一比特，C/A 碼的 20 個拷貝可由衛星例如衛星 310a 在 20ms 期間發射。另外，30 比特可構成一個字(word)，10 個字可構成一個子幀(6s)，5 個子幀可構成一頁，25 頁可構成一個超幀(12.5 分鐘)。在大多數情況下，至少要採用前三個子幀來發射以產生定位信號。在這些情況下，至少需要接收前 18 秒的資料。

如前所述，距離  $r(k)$  可以通過測量信號從衛星例如衛星 310a 傳播到衛星接收機 302 所需的時間來確定。理想地，衛星 310a 和衛星接收機 302 的時鐘同步，且傳播時間  $\tau(k)$  可通過上述的關聯來確定。在這種情況下，距離可由  $r(k)=c \tau(k)$  得出，其中  $c$  是光速。但是，在實際中衛星時間和接收機時間不同步。雖然衛星包

含有原子時鐘，但還會有一些漂移和/或偏移需要補償。如果 GPS 時間(或絕對時間)為時間  $t$ ，可用下式表示衛星  $k$  的衛星時間  $t_s(k,t)$ ：

$$t_s(k,t) = t + \delta_s(k,t)$$

偏移量  $\delta_s(k,t)$  可由 GPS 地面控制站估算，且其 Taylor 擴展係數可作為衛星資料的一部分發射。同理，接收機時鐘(用戶時間)  $t_u$  由下式表示：

$$t_u = (t) + \delta_u(t)$$

根據本發明的各個實施例， $\delta_u(k,t)$  和  $\delta_u(t)$  可包括一個或多個延遲因數，例如大氣延遲、RF 延遲和/或處理延遲。在預定的時間  $t_s(k,t)$  可以發送新幀，在時間  $(\hat{t})(k) = t + \tau(k)$ ，衛星接收器例如衛星接收機 302 可檢測到該新幀。到特定衛星的偽距可由下式定義：

$$\rho(k, \hat{t}) = c[t_u(\hat{t}) - t_s(k, \hat{t} - \tau(k))]$$

其基本是從接收機時間減去衛星時間計算所得的距離。由於接收機知曉  $t_u(\hat{t})$ ，它可知曉  $t_s(k,t) = t_s(k, (\hat{t}) - t)$ ，因而衛星接收機 302 可計算出偽距。在上式中代入衛星時間  $t_s(k,t)$  和接收機時間  $t_u(t)$  的定義，可以得出下式：

$$\rho(k, \hat{t}) = c[\hat{t} + \delta_u(\hat{t}) - \hat{t} + \tau(k) - \delta_s(k, \hat{t} - \tau)]$$

$$\rho(k, \hat{t}) = c\tau(k) + c[\delta_u(\hat{t}) - \delta_s(k, \hat{t})]$$

由於衛星接收機 302 可從衛星例如衛星 310a 接收  $\delta_s(k,t)$ ，因而時鐘偏移因數  $\delta_s(k,t)$  可以得到校正。校正後的偽距可由下式給出：

$$\rho_c(k, \hat{t}) = c\tau(k) + c\delta_u(\hat{t})$$

將偏移量表示為  $b = c\delta_u(\hat{t})$ ，回想(recalling)距離可定義為  $r(k) = \|p(k) - p\| = c\tau(k)$ ，可由下式給出一組方程：

$$\rho_c(k, \hat{t}(k)) - b = r(k) = \|p(k) - p\| \quad k = 1, 2, 3, 4$$

這些方程可以是帶有四個未知數的四個方程(位置  $p$  的 3 個座標和偏移量  $b$ )。衛星可以廣播位置校正資料，其也被稱為星曆。星曆可包括位置校正因數  $\Delta(k, t)$  和衛星時鐘偏移  $\delta_s(k, t)$

在一些情況下，要從特定的衛星獲得星曆數據需要較長時間。例如，在多山地形，衛星只能間歇地出現在移動車輛的視野中。在不間斷地接收衛星廣播成為不可能的情況下，需要花費大量的時間來獲取用於計算  $\delta_s(k, t)$  的衛星星曆數據。當車輛在市區內行駛時例如遭遇隧道和高層建築，也會出現這類現象。這種情況下，期望能夠使用可以間歇接收的衛星，即使其衛星星曆數據可能是無法獲得的。例如，當前述衛星導航可能從其星曆已被衛星接收機接收到的 4 顆衛星接收信號時，可能會出現這種情況。另外，一個或多個衛星間歇出現在視野中，它們的廣播信號可能不時地被接收到，但它們的星曆仍然不可獲得。在一些情況下，例如當轉彎或改變車輛行駛的方向時，一個或多個先前間歇接收到的衛星變為可視，而一個或多個先前可視的衛星可能不再可視。在這些情況下，接收到星曆之前，可能期望立即使用新的可視衛星開始導航。由於從間歇接收衛星不能獲得星曆，校正偽距  $p_c(k, t)$  不可獲得。然而，由於其他衛星是可視的，可知曉其星曆和偏移  $b$ ，接收機時鐘校正偽距  $p'_c(k, t)$  可通過校正偏移  $b$  來確定，如下式給出：

$$\left. \begin{aligned} \rho(k, \hat{t}) &= c\tau(k) + \underbrace{c\delta_u(\hat{t}) - c\delta_s(k, t)}_{=b} \\ \rho'(k, \hat{t}) &= c\tau(k) - c\delta_s(k, t) \end{aligned} \right|$$

由於衛星接收機 302 位置從其星曆已接收到的衛星可以得  $s$



知，接收機時鐘校正偽距可用於“固定(fix)”其關聯的衛星的位置，以下在圖 3B 中將對其進行說明。

在本發明的各個實施例中，期望通過線性化來確定接收機位置。採用線性化方案，可以按照以下關係式解出線性方程系統：

$$p=Hx \quad (1)$$

其中  $p=[\rho(1,t)-\hat{p}(1,t_2), \dots, \rho(n,t)-\hat{p}(n,t_2)]^T$  是對於  $n$  個衛星的有  $n$  個元素的向量，其代表衛星  $k$  在時間  $t$  的偽距  $\rho(k,t)$  和衛星  $k$  在稍後時間  $t_2(t_2 > t)$  的偽距  $\rho(k, t_2)$  之間的偽距改變估算。估算出的偽距  $\rho(k, t_2)$  可以基於共同偏差例如偏移  $b$  和星歷數據。向量  $x$  可以是包含位置改變估算的向量。例如，向量  $x$  可以是接收機狀態向量  $x = [\Delta_{lat}(t, t_2), \Delta_{lon}(t, t_2), \Delta_{alt}(t, t_2), \Delta_b(t, t_2)]^T$ ，其中  $\Delta_{lat}(t, t_2)$  是時間  $t$  和  $t_2$  之間接收機位置在緯度上的估算差、 $\Delta_{lon}(t, t_2)$  是時間  $t$  和  $t_2$  之間接收機位置在經度上的估算差、 $\Delta_{alt}(t, t_2)$  是時間  $t$  和  $t_2$  之間接收機位置在高度上的估算差、 $\Delta_b(t, t_2)$  是時間  $t$  和  $t_2$  之間共同偏移的估算差。根據本發明的各個實施例，接收機狀態向量  $x$  可以任何形式的坐標系統來表示。矩陣  $H$  是適當定尺寸的混合矩陣，可稱之為“視線矩陣”或“觀測矩陣”。矩陣  $H$  可將向量  $p$  的偽距改變與接收機狀態  $x$  的改變關聯起來。

在本發明的各個實施例中，當星曆已知時，可以確定  $p$ 、 $H$ ，且位置更新可以通過對  $x$  的線性系統求解產生。

圖 3B 是根據本發明實施例的示例性衛星定位的示意圖。如圖 3B 所示，位置  $p$  處的已知位置衛星接收機 302a、以 302a 為圓心的虛線圓 350 和衛星 320。在圖 3B 所示的二維設置中，由於已知衛星接收機 302a 處於位置  $p$ ，可通過以衛星接收機 302a 為圓心、 $\rho'(320,t)$  為半徑的虛線圓 350 來確定衛星的有效位置。由於這個半徑值可由  $\rho'(320, \hat{t}) = c \tau(320) - c \delta_s(320, t)$  給出，該半徑可能與到衛星 320 的實際距離不一致，是用時間偏移  $c \delta_u(t)$  校正過的距離。從圖 3B 所示的情形可以看出，虛線圓 350 上衛星 320 的假定位置

可能是專斷的，因為虛線圓 350 上任一衛星 320 的假定位置都可通過(go through)衛星接收機的校正位置  $p$ 。三維中的情形也相似，這種情形下虛線圓 350 變為包繞位置  $p$  的球面。有效假定位置可用于衛星位置(未用星曆)這一事實可被利用來進行導航，通過為那些無法獲得其星曆的衛星構建臨時星曆，例如基於衛星的曆書位置  $P(k,t)$ 。

圖 4 是根據本發明實施例的基於衛星曆書位置的示例性構建臨時星曆的示意圖。圖 4 示出了衛星 410a 在位置  $p(410a,t_1)$  處。同一顆衛星在時間  $t_2$  處於位置  $p(410a,t_2)$  並被標記為衛星 418。圖中只有兩個實際衛星位置，其他示出的是這兩顆衛星相關的不同位置。如示出了衛星 410a 在時間  $t_1$  的曆書衛星位置 414、衛星 410a 在時間  $t_2$  的曆書衛星位置 424。在時間  $t_1$  的測量衛星位置 412、在時間  $t_2$  的測量衛星位置 420。在時間  $t_1$  的轉置(transposed)衛星位置 416、在時間  $t_2$  的轉置衛星位置 426。處於已知位置  $p$  的衛星接收機 402。還示出從衛星 410a 到衛星接收機 402 的距離  $r(410a,t_1)$ ，從實際衛星位置 410a 到測量衛星位置 412 的距離偏移  $c \delta_s(410a,t_1)$ ，從衛星接收機 402 到曆書位置 414 的曆書距離  $r_A(410a,t_1)$ 、曆書位置 414 與轉置衛星位置 416 之間的曆書校正因數  $e(410a,t_1)$ 、曆書位置 414 與實際衛星位置 410a 之間的距離因數  $\Delta(410a,t_1)$ 。相對於時間  $t_2$  可以標記出相同數量的標記。

如前所述，衛星接收機 402 的位置  $p$  可通過四顆衛星確定(有星曆數據，未在圖 4 中示出)。衛星 410a 可以是間歇可視的衛星，其星曆數據可能無法獲得。

如圖 3 所示，對於衛星 410a 可以測量到接收機時鐘校正偽距為：

$$p(410,t_1) = \left. \frac{c\tau(410a) - c\delta_s(410a,t_1)}{=r(410a,t_1)} \right|$$

衛星 410a 的實際位置可以在距衛星接收機 402 的距離  $r(410a, t_1)$  處。由於在缺少星歷數據的情況下距離偏移  $c \delta_s(410a, t_1)$  得不到校正，基於已知位置  $p$ ，測量到的接收機時鐘校正偽距  $\rho'(410, t_1)$  使衛星 410a 看起來像是位於測量衛星位置 412。在圖 4 所示的例子中，測量距離會大於實際距離  $r(410a, t_1)$ 。雖然由於用於確定  $\Delta(410a, t_1)$  的星歷數據無法獲得使得衛星接收機 402 不知道衛星 410a 的位置  $p(410a, t_1) = P(410a, t_1) + \Delta(410a, t_1)$ ，但衛星接收機 402 可基於本地存儲的曆書資料  $P(410a, t_1)$  得知衛星 410a 的近似位置。曆書資料  $P(410a, t_1)$  由曆書衛星位置 414 表示出。

基於曆書位置  $P(410a, t_1)$  和接收機時鐘校正偽距  $\rho'(410a, t_1)$ ，轉置衛星位置 416 可以確定，使得  $p_T(410a, t_1)$  在  $\rho'(410a, t_1) = r_A(410a, t_1) + e(410a, t_1)$  | 給定距離處。在這些例子中，轉置衛星位置 416 和測量衛星位置 412 可處於同一個球面/圓上。曆書校正因數  $e(410a, t_1)$  可以是與位置校正因數  $\Delta(410a, t_1)$  相似的距離校正因數，可作為臨時星曆用於與曆書一起確定衛星位置。如圖 3B 所示，在包圍已知衛星接收機位置的球面/圓上一定距離處的任一位置都同等地可作為測量衛星位置。因此轉置衛星位置 416 可位於與測量衛星位置 412 相同的距離處，並可由曆書校正因數  $e(410a, t_1)$  來定義，其可增加到已知衛星接收機位置 402 和已知曆書衛星位置 414 之間的距離  $r_A(410a, t_1)$  上。因此，轉置衛星位置 416 可假定為一個可校正衛星時鐘偏移  $\delta_s(t)$  的假設衛星位置。通過假定該衛星放置在轉置衛星位置 416 處，接收機時鐘校正偽距測量  $\rho'(410, t_1)$  可指示衛星接收機 402 的校正位置  $p$ 。

如圖 3B 所示，距衛星接收機 302a 期望距離上的任一個轉置衛星位置都是可以使用的。在圖 4 所示的例子中，在圍繞  $p$  距離為  $\rho'(410a, t_1)$  的圓上的任何位置原則上都可以選擇，例如轉置衛星位置 416。通過曆書校正因數  $e(410a, t_1)$  將轉置衛星位置 416 與曆書衛星位置 414 結合起來的益處是曆書位置在未來時刻是可獲

得的，例如，在時刻  $t_2$  的曆書位置 424。在從最初確定轉置衛星位置 416 的時間差在一定限度的情況下，由於實際衛星位置相對於曆書預測的衛星位置很慢變化並以相對小的誤差  $\Delta(410a, t_1)$  偏移，因而可以假定曆書校正因數  $e(410a, t_1)$  近似保持不變。在未來時刻  $t_2$ ，可能出現這種情況，先前間歇可視衛星 410a 變為可視，而先前使用的可獲得其星歷數據的衛星之一不再可視。在這些情形下，衛星 410a 的星曆或許仍然不能獲得。但是，曆書校正因數  $e(410a, t_1) \approx e(410a, t_2)$  在前一個已知位置  $p$  已計算出，基於時刻  $t_2$  的曆書衛星位置 424 可通過以下關係式預測在時刻  $t_2$  的估算轉置衛星位置 426：

$$\left. \begin{aligned} \hat{p}_T(410a, t_2) &= P(410a, t_2) + \bar{e}(410a, t_1) \\ e(410a, t_1) &\approx e(410a, t_2) \end{aligned} \right|$$

其中  $\bar{e}(410a, t_1)$  可表示  $e(410a, t_1)$  長度  $e(410a, t_1)$  在適當方向的向量。

更具體地，例如當衛星接收機 402 保持固定在位置  $p$  處，時刻  $t_2$  預測的接收機時鐘校正距離可以是  $\hat{\rho}'(410a, t_2) = r_A(410a, t_2) + e(410a, t_2)$ ，如圖 4 所示。與測量接收機時鐘校正偽距的任何差值  $|\rho'(410, t_2) - \hat{\rho}(410, t_2)|$  (其基於實際衛星位置 418) 之後可歸因於衛星接收機 402 的移動。由於衛星 410a 位置相對於衛星曆書位置變化小，將預測的轉置位置 426 與已知曆書位置 424 結合起來使得該曆書能夠提供相對準確的、不同時刻衛星接收機 402 和衛星 410a 位置之間的距離改變模型  $\Delta_e(410a, t_2 - t_1)$ 。例如，在圖 4 中，時間  $t_1$  和時間  $t_2$  之間衛星接收機 402 和衛星曆書位置之間的距離改變可以在曆書衛星位置 414 及在時刻  $t_2$  在實際衛星位置 418 用  $\Delta_e(410a, t_2 - t_1)$  表示。因為圖 4 沒有按比例縮放，時間  $t_2$  實際衛星位置 418 和曆書衛星位置 424 之間的距離  $\Delta(410a, t_2)$  與時間  $t_1$  的是不相同的。

總之，在位置  $p(t_1)$  已從可供星曆的衛星獲得至少一次的情況下，基於前面討論的方案確定位置的這組公式可由以下關係式給出：

$$\begin{aligned} \rho_c(k,t)-b &= \| p(k,t)-p(t) \| \quad k=\{1,\dots,M\} \\ \rho'(l,t)-e(l,t) &= \| P(l,t)-p(t) \| \quad l=\{M+1,\dots,N\} \quad (2) \end{aligned}$$

有  $N$  個可接收衛星，從其中的  $M$  個衛星可獲得星歷數據。 $M$  可假定為少於 4，因為  $M \geq 4$  時可採用圖 2 和圖 3 中所示的方案進行正常位置確定。由於本方案可以在  $M \leq 3$  的情況下使用，由於  $M < 4$  時  $b$  無法確定，所以  $b$  可以假定為常數。因此，當  $b$  在一段時間內假定為常數， $e(k,t)$  和  $P(k,t)$  已知時，位置  $p(t)$  可從  $N=3$  顆衛星在有星曆或無星曆的情況下根據上式在三維空間確定。在一些情況下，對於  $N \geq 4$ ，也可能基於從等式(2)得到的以下關係式來更新  $b$ 。

$$\begin{aligned} \rho_c(k,t)-b &= \| p(k,t)-P(t) \| \quad k=\{1,\dots,M\} \\ \rho'(l,t)-b &= \| P(l,t)-p(t) \| + e(l,t) \quad l=\{M+1,\dots,N\} \end{aligned}$$

在本發明的各個實施例中，可以期望通過線性化來確定接收機位置。採用線性化方案，可以按照以下關係式解出線性方程系統： $p=Hx$ ，如圖 3 中所示相同。在有些情況下， $N$  個接收衛星中，有  $M(M < N)$  個衛星的星曆可被衛星接收機獲得。在這類情況下，對於  $N-M$  個衛星，可基於星曆計算出  $\rho(i,t_2)$ 。在這類情況下，基於曆書資訊  $\rho_a(i,t_2)$  可以估算出估算偽距。基於曆書資訊的估算偽距可通過以下關係式表示：

$$\rho_a(i,t_2) + d\hat{\rho}_a(i,t_2) \approx \hat{\rho}(i,t_2) \quad (3)$$

其中  $d\rho_a(i,t_2)$  是基於曆書資訊的估算偽距與基於星歷數據的估算偽距之間的差異因數。將等式(3)代入等式(1)，可以得到差異因數，如下式所示：

$$d\hat{\rho}_a(i, t_2) = \rho(i, t) - \hat{\rho}_a(i, t_2) - \mathbf{H}_i \mathbf{x}$$

其中， $\mathbf{H}_i$  是矩陣  $\mathbf{H}$  的第  $i$  行。因此，根據本發明的各個實施例，當  $\mathbf{x}$  是可獲得的， $d\rho_a(i, t_2)$  即可得到。通過使用 Doppler 測試， $d\rho_a(i, t_2)$  的改變可以估算出，並可提供  $d'\rho_a(i, t_2)$ ，其為  $d\rho_a(i, t_2)$  的一階導數。因此在初始  $d\rho_a(i, t_2)$  已被估算之後， $d'\rho_a(i, t_2)$  可用於推斷出一段時間內的未來改變，而不使用星歷數據。例如，基於上述數量，可以產生以下偽距估算：

$$\hat{\rho}(i, t_3) = \hat{\rho}_a(i, t_2) + d\hat{\rho}_a(i, t_2) + d'\hat{\rho}_a(i, t_2) dt(t_2, t_3) \quad (4)$$

其中  $dt(t_2, t_3) = |t_2 - t_3|$  是自  $\rho(i, t_2)$  和  $d\rho_a(i, t_2)$  前次估算以來的時間。因此，通過將等式(4)代入等式(1)，從線性方程系統解出  $\mathbf{x}$  即可以確定接收機的更新位置。

圖 5 是根據本發明實施例的預測誤差的示意圖。圖 5 中的要素與圖 4 所列的相對應。具體地，要素 510a 對應於圖 4 中的 410a，所示的其他要素也類似。圖中增加了在時刻  $t_2$  可能的預測衛星接收機位置 504。

圖 5 中示出的方案可用於說明可能出現的預測誤差。在圖 5 中，曆書衛星位置 514 和實際衛星位置 510a 之間的距離向量  $\Delta(510a, t_1)$  可在在時間  $t_2$  保持為常數，使得曆書衛星位置 524 和實際衛星位置之間距離  $\Delta(510a, t_2) = \Delta(510a, t_1)$ 。在這個情況下，給定示例性幾何排列(未按比例縮放)，衛星接收機位置 502 和在時間  $t_1$  的衛星 510a、在時間  $t_2$  的衛星位置 518 之間的距離差可以是  $o' = |r(510a, t_2) - r(510a, t_1)|$ ，而不是根據曆書衛星位置的改變所預測的  $\Delta(510a, t_2 - t_1)$ 。這種情況會發生在例如  $t_1$  和  $t_2$  之間的時間差很大時。在這一情況下， $\Delta_e(510a, t_2 - t_1)$  和  $o'$  會導致可在轉置衛星位置 526 和測量衛星位置 520 之間看到的位置誤差。在圖 5 所示的情形中，在時間  $t_2$  的測量接收機時鐘校正偽距  $\rho'(510a, t_2)$  與測量衛星 **S**

位置 520 到  $p(t_1)$ (假設衛星接收機 502 可以保持不動)的距離相等。然而，由於衛星接收機 502 會錯誤地認為測量偽距  $\rho'(510a, t_2)$  應該對應于從轉置衛星位置 526 測量的距離，衛星接收機 502 會認為自己可能改變了位置且可能會將自身放置例如在預測位置 504。

圖 6 是根據本發明實施例的未使用曆書位置的臨時星曆的示意圖。圖 6 中示出了坐標系統 606、處於位置  $p$  的衛星接收機 602、位置  $p(610a, t_1)$  處的衛星 610a、在時間  $t_1$  的測量衛星位置 612、在時間  $t_1$  的轉置衛星位置 616 和在時間  $t_2$  的預測轉置衛星位置 626。圖中還示出了衛星接收機位置 602 和測量衛星位置 612 之間的測量接收機時鐘校正偽距  $\rho'(610a, t_1)$ ，其包括實際衛星位置 610a 和衛星接收機 602 之間的距離  $r(610a, t_1)$  以及實際衛星位置 610a 和測量衛星位置 612 之間的偏移  $c \delta_s(610a, t_1)$ 。圖中還示出了預測接收機時鐘校正偽距  $\rho'(610a, t_2)$ 。

在圖 6 所示的示例性方案中，在時刻  $t_1$  位置  $p$  可從多個具有已知星曆的衛星(圖中未示出)獲知。如結合圖 4 所描述，接收機時鐘校正偽距  $\rho'(610a, t_1)$  是可以測量的，測量衛星位置 612 相應地可以導出。如結合圖 3B 和圖 4 所描述，轉置衛星位置 616 可定義在由測量衛星位置 612 定義的圓/球面上。在所述的例子中，轉置衛星位置 616 可以任意地選擇，例如  $P_r(610a, t_1)$ 。

為預測在時間  $t_2$  的預測接收機時鐘校正偽距  $\rho'(610a, t_2)$ ，可以確定測量接收機時鐘校正偽距  $\rho'(610a, t_1)$  的變化率。這一資訊可在圖 4 所述的方案中獲得，由於衛星曆書位置事先可知，因此距離的改變可從曆書位置的改變計算出。在圖 6 所述的方案中可使用幾種方法來得到接收機時鐘校正偽距的變化率。在本發明的一個實施例中，衛星接收機 602 可以測量到接收信號的 Doppler 頻率。Doppler 頻率是接收信號頻率中的頻率漂移，其在衛星朝向或背離衛星接收機 602 移動時會出現。GPS 信號在 1575.42MHz 發射。與衛星接收機 602 和衛星 610a 兩者相向或相背移動的速度

成比例，接收信號頻率大約會漂移 $\pm 5$  kHz。因此，基於在衛星接收機 602 處接收信號的 Doppler 頻率漂移，衛星接收機 602 可以估算出衛星朝向或背離其移動的速度。因此估算的變化率可用於按照以下關係式來預測該預測的測量接收機時鐘校正偽距：

$$\hat{\rho}'(610a, t_2) = \rho'(610a, t_1) + \left( \frac{d\rho'}{dt} \right)_D (t_2 - t_1)$$

其中  $\left( \frac{d\rho'}{dt} \right)_D$  表示基於測量到的 Doppler 漂移估算的  $\rho'(610a, t_1)$

的變化率。

在本發明的另一個實施例中，測量接收機時鐘校正偽距  $\rho'(610a, t_1)$  的變化率可通過採集一段時間內的偽距來估算。之後多項式可疑合採集的資料，且多項式擬合的一階導數在期望時刻例如  $t_2$  可以提供變化率的估算，例如  $\left( \frac{d\rho'}{dt} \right)_D$  可表示基於一連串的測量接收機時鐘校正偽距測量值估算的變化率。例如，在最簡單的情況下，直線可以擬合測量值  $\rho'(610a, t_0)$  和  $\rho'(610a, t_1)$ 。相應地，連接這兩個測量值的直線的斜率可用於預測  $\rho'(610a, t_2)$ 。類似地，使用至少 3 測量點，二階多項式擬合可以產生。本發明不限於生成所需的變化率的任何特定方法或任何特定的多項式階數。在本發明的另一實施例中，多項式可以擬合到一連串的 Doppler 頻率測量值，如前所述，其也可以用於預測未來時刻的變化率。

在位置  $p(t_1)$  已從可供星曆的衛星獲得至少一次的情況下，基於所討論的方案確定位置的這組公式可由以下關係式給出：

$$\begin{aligned} \rho_c(k, t) - b &= \| p(k, t) - p(t) \| \quad k = 1, \dots, M \\ \rho'(l, t) &= \| \hat{p}_T(l, t) - p(t) \| \quad l = M + 1, \dots, N \end{aligned}$$

其中  $P_T(l, t)$  可以是任意一個預測轉置衛星位置，例如預測轉置衛星位置 626，有  $N$  個可接收衛星，從其中的  $M$  個衛星可獲得星 5



歷數據。注意， $M$  可假定為少於 4，因為  $M \geq 4$  時可採用圖 2 和圖 3 中所示的方案進行正常位置確定。由於本方案可以在  $M \leq 3$  的情況下使用，所以  $b$  可以假定為常數。因此，當  $b$  在一段時間內假定為常數，位置  $p(t)$  可從  $N=3$  顆衛星在有星曆或無星曆的情況下根據上式在三維空間確定。在一些情況下，對於  $N \geq 4$ ，也有可能對  $b$  進行更新，如圖 5 所描述的過程相似。

如圖 3 所描述，在 GPS 系統中，可用於通過與相關碼的本地拷貝關聯確定距離的擴頻碼被稱為 C/A 碼。對於各個衛星 C/A 碼是唯一的，因此可以標識衛星信號。C/A 碼可包括 1023 個碼片 (chips)，且需要 1ms 時間發送。對於每一比特，C/A 碼的 20 個拷貝可由衛星例如衛星 610a 在 20ms 期間發射。另外，30 比特可構成一個字 (word)，10 個字可構成一個子幀 (6s)，5 個子幀可構成一頁，25 頁可構成一個超幀 (12.5 分鐘)。在大多數情況下，至少要採用三個子幀來發射以產生定位信號。在這些情況下，至少有 18 秒的資料是需要接收的。

有關偽距測量值，可用的最小單位可以是 1 ms，或一個 C/A 碼。衛星接收機 602 可以利用 C/A 碼的本地拷貝來校正接收信號。因此，衛星接收機首先檢測可出現 1 ms 模 (that may occur modulo 1 ms) 的任何偏移，因為其可以獲得 C/A 碼同步。例如，從衛星 610a 到衛星接收機 602 的傳播時間需要 78.2ms，為便於說明，假定信號在  $t=0$  ms 發送，接收機最初能夠確定模-1ms 偏移 (modulo-1ms offset)。在這一情況下，衛星接收機可以確定衛星傳播時間偏移量為  $x_{C/A} = 78.2 \pmod{1ms} = 0.2$ 。在至少 20ms 和二十個 C/A 碼之後，衛星接收機 602 可獲得比特級同步，能夠確定每一比特的開始。在這一點上，衛星接收機 602 能夠確定偏移量  $x_b = 78.2 \pmod{20ms} = 18.2$ 。在這一點上，衛星接收機 602 已經知曉衛星定時偏移為 78.2ms 或更多 (98.2ms、110.2ms.....)，由於接收機已知衛星的高度大於 20,000 km。在至少 600ms 之後衛星已獲得

字級同步的情況下，之後衛星可以獲得精確同步(模 600ms)。在以上的討論中，已假定衛星只有很少資訊。然而，在實際中，由於有曆書資料，衛星接收機 602 可能具有相當精確的有關衛星 610a 位置的資訊。由於信號的傳播速度為 300km/ms，曆書可提供距實際衛星位置 610a 300 km 之內的衛星位置估算，衛星接收機 602 能夠根據第一，模 1ms，測量值確定精確的計時偏移。

圖 7 是根據本發明實施例的計算衛星接收機位置的示例性演算法的流程圖。在步驟 702 中啟動該演算法之後，在步驟 704 衛星需要決定是否有  $M \geq 4$  顆帶有星曆的衛星可用。如果沒有，初始位置不可獲得，因此衛星接收機例如衛星接收機 602 不得不等待直到有  $M \geq 4$  顆帶有星曆的衛星可用。在有多於 4 顆帶有星曆的衛星可用的情況下，衛星接收機可在步驟 706，例如使用圖 2 和圖 3 中描述的處理步驟產生其自身位置。另外，如果其他衛星是可視的但其星曆不可獲得，衛星接收機 602 在步驟 708 可測量到這些衛星的偽距。對於沒有星曆的衛星，在步驟 710 衛星可計算接收機時鐘校正偽距。使用接收機時鐘校正偽距、已知的衛星接收機位置\_例如衛星接收機位置 602，衛星接收機可以產生轉置衛星位置。在一些情況下，轉置衛星位置可基於曆書衛星位置產生。衛星接收機還可產生偽距變化率，其可用於產生預測轉置衛星位置。在一些情況下，偽距變化率可以根據測量值估算或根據曆書資料估算，如圖 4 和圖 6 所示。如果有  $M \geq 4$  或更多顆帶有星曆的衛星，衛星接收機重新開始並返回步驟 704。如果在步驟 712，帶有星曆的可用衛星數量少於 4 ( $M < 4$ ) 顆，並且視野中的衛星總數大於 3 ( $N > 3$ )，在步驟 714，可按照圖 4 到圖 6 中所描述的方法計算衛星位置。在步驟 716，如果有 4 顆或多於 4 顆帶有星曆的衛星可用，衛星接收機可返回步驟 706。如果少於 4 顆帶有星曆的衛星可用，衛星接收機可停留在步驟 714 並按照步驟 714 繼續計算其位置。根據本發明的各個實施例，臨時星曆可包括轉置衛星位置和

任何關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。

根據本發明的實施例，產生臨時星曆的方法和系統包括基於接收到的來自多個衛星的衛星信號確定衛星接收機例如衛星接收機 202 的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星曆數據已被所述接收機接收，如圖 2 和圖 3 所描述。臨時星曆數據可以根據所述確定的衛星接收機的一個或多個位置  $p(\cdot)$  和來自具有不完整星曆數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生。基於所產生的臨時星曆數據和第二多個衛星信號，可以確定衛星接收機的一個或多個估算位置，其中第二多個衛星信號中至少有一個是與具有不完整星曆數據的一個或多個衛星相關聯，如圖 3B、圖 4、圖 5、圖 6 和圖 7 中所述。

臨時星曆數據可以通過生成轉置衛星位置例如轉置衛星位置 416 和關聯接收機時鐘校正偽距例如  $p'(\cdot)$  的變化率例如  $\Delta e$  來產生。轉置衛星位置可基於曆書衛星位置例如  $p(\cdot)$ 、或由所述接收機時鐘校正偽距和/或所述與接收機時鐘校正偽距關聯的變化率所確定的位置來產生。所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率可基於所述多個衛星信號和/或所述第二多個衛星信號的一個或多個 Doppler 頻率測量值來產生，或基於多個偽距測量值來產生，如圖 6 中所述。接收機時鐘校正偽距至少可根據接收機時鐘偏移和偽距測量來確定。當衛星接收機可以從之前接收機接收到其不完整星曆數據的一個或多個衛星接收完整星曆數據時，利用這些完整的星曆數據和確定的一個或多個位置來確定衛星接收機的位置，如圖 2 和圖 3 中所述。衛星接收機的估算位置可以基於新產生的臨時星曆進行更新，直到衛星接收機從之前衛星接收機接收到其不完整星曆數據的所述一個或多個衛星接收到完整星曆數據。產生的臨時星曆數據可基於相關聯接收機時鐘校正偽距的變化率和轉置衛星位置進行更新。多個衛星、第二多個衛星(從其接收第二多個衛星信號)和衛星接收機可遵照全球定位系統(GPS)標準、伽利

略(GALILEO)標準、GLOSASS 標準、IRNSS 標準和北斗(BEIDOU)標準。

本發明的另一實施例提供一種機器可讀記憶體，其上存儲的電腦程式具有至少一個可由機器執行的代碼段，使得機器能夠實現前述產生臨時星曆的方法和系統中的步驟。

本發明可以通過硬體、軟體，或者軟、硬體結合來實現。本發明可以在至少一個電腦系統中以集中方式實現，或者由分佈在幾個互連的電腦系統中的不同部分以分散方式實現。任何可以實現所述方法的電腦系統或其他設備都是可適用的。常用軟硬體的結合可以是安裝有電腦程式的通用電腦系統，通過安裝和執行所述程式控制電腦系統，使其按所述方法運行。在電腦系統中，利用處理器和存儲單元來實現所述方法。

本發明還可以通過電腦程式產品進行實施，所述套裝程式含能夠實現本發明方法的全部特徵，當其安裝到電腦系統中時，通過運行，可以實現本發明的方法。本申請文件中的電腦程式所指的是：可以採用任何程式語言、代碼或符號編寫的一組指令的任何運算式，該指令組使系統具有資訊處理能力，以直接實現特定功能，或在進行下述一個或兩個步驟之後，a)轉換成其他語言、代碼或符號；b)以不同的格式再現，實現特定功能。

本發明是通過幾個具體實施例進行說明的，本領域技術人員應當理解，在不脫離本發明範圍的情況下，還可以對本發明進行各種變換及等同替代。另外，針對特定情形或具體情況，可以對本發明做各種修改，而不脫離本發明的範圍。因此，本發明不局限於所公開的具體實施例，而應當包括落入本發明權利要求範圍內的全部實施方式。

## 【符號說明】

100	衛星導航系統
102	衛星接收機
104	全球導航衛星系統(GNSS)射頻 (RF)和中頻(IF)前端
106	處理器
108	記憶體
110a、110b、110c、110d	衛星
112	接收機天線
200	衛星導航系統
202	接收機
203	地球表面
206	示例性坐標系統
210a、210b	衛星
300	衛星導航系統
302	接收機
306	示例性坐標系統
310a、310b、310c	衛星
320	衛星
350	虛線圓
402	衛星接收機
410a	衛星
412	測量衛星位置
414	曆書衛星位置
416	轉置(transposed)衛星位置
418	衛星

420	測量衛星位置
424	曆書衛星位置
426	轉置衛星位置
502	衛星接收機位置
504	預測衛星接收機位置
510a	實際衛星位置
514	曆書衛星位置
518	衛星位置
520	測量衛星位置
524	曆書衛星位置
526	轉置衛星位置
602	衛星接收機
606	坐標系統
610a	衛星
612	測量衛星位置
616	轉置衛星位置
626	預測轉置衛星位置

## 申請專利範圍

1. 一種處理衛星信號的方法，其特徵在於，包括：基於從多個衛星接收到的多個衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星歷數據已由所述衛星接收機接收；從所述確定的所述衛星接收機的一個或多個位置、以及來自具有不完整星歷數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生臨時星曆；基於所產生的臨時星曆和第二多個衛星信號確定所述衛星接收機的一個或多個估算位置，其中所述第二多個衛星信號中至少有一個是與所述帶有不完整星歷數據的一個或多個衛星相關聯；通過生成轉置衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距的變化率來產生臨時星歷數據。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中，還包括基於曆書衛星位置產生轉置衛星位置。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中，還包括在由所述接收機時鐘校正偽距和/或所述接收機時鐘校正偽距關聯的變化率所確定的位置產生所述轉置衛星位置。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中，還包括基於所述多個衛星信號和/或所述第二多個衛星信號的一個或多個多普勒頻率測量來產生所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述的方法，其中，還包括基於多個偽距測量來產生所述關聯接收機時鐘校正偽距的變化率。
6. 一種用於處理衛星信號的系統，其特徵在於，包括：一個或多個電路，所述一個或多個電路使能：基於從多個衛星接收到的多個衛星信號確定衛星接收機的一個或多個位置，其中所述多個衛星的完整星歷數據已由所述衛星接收機接收；從所述確定的所述衛星接收機的一個或多個位置、以及來自具有不完整星歷數據的一個或多個衛星的一個或多個衛星信號產生臨時星曆；基於所產生的臨時星曆和第二多個衛星信號確

定所述衛星接收機的一個或多個估算位置，其中所述第二多個衛星信號中至少有一個是與所述帶有不完整星歷數據的一個或多個衛星相關聯；所述一個或多個電路通過生成轉置衛星位置和關聯接收機時鐘校正偽距的變化率來產生臨時星歷數據。

7. 如申請專利範圍第 6 項所述的系統，其中，所述一個或多個電路基於曆書衛星位置產生轉置衛星位置。
8. 如申請專利範圍第 6 項所述的系統，其中，所述一個或多個電路在由所述接收機時鐘校正偽距和/或所述接收機時鐘校正偽距關聯的變化率所確定的位置產生所述轉置衛星位置。



八、圖式：

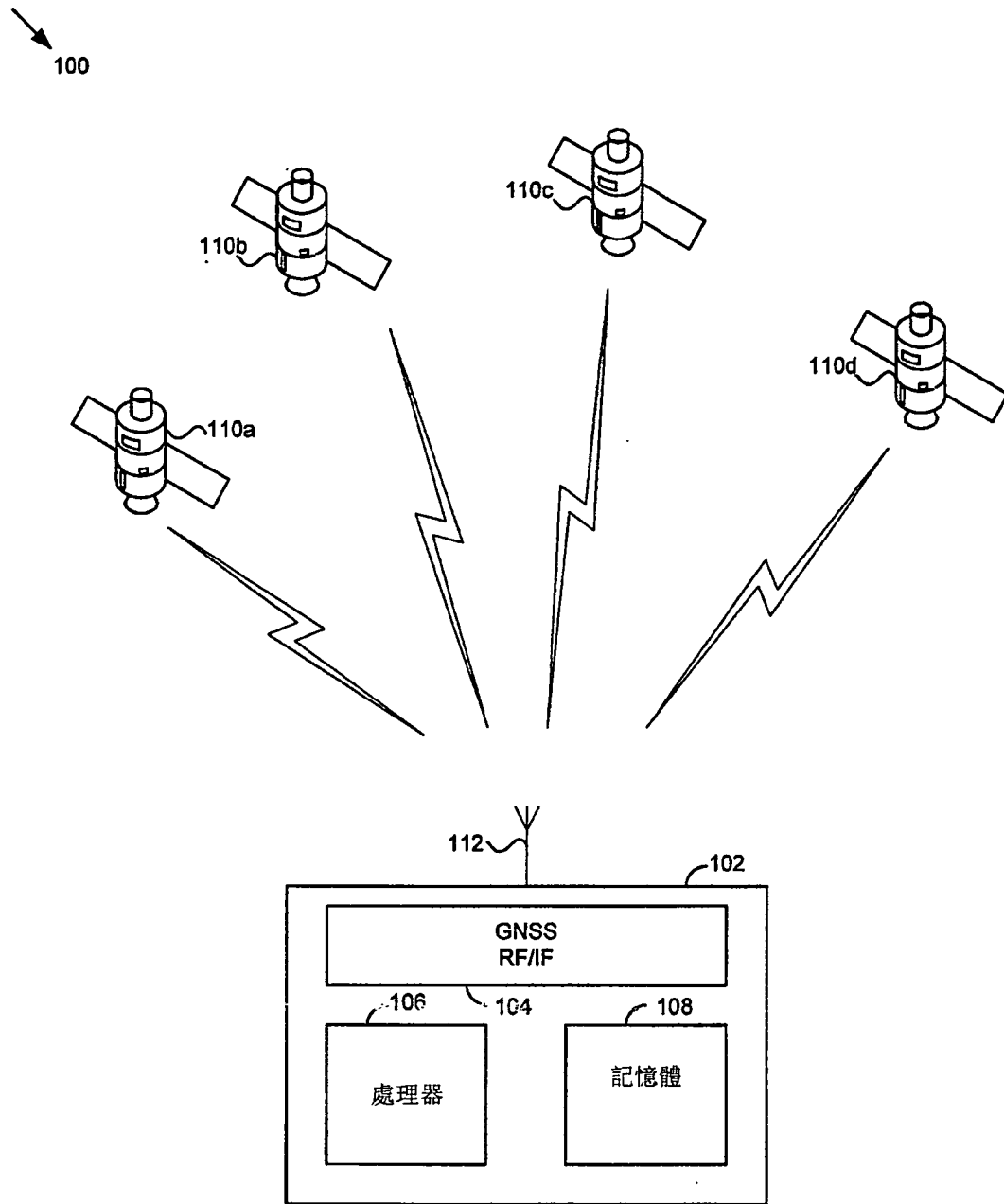


圖 1

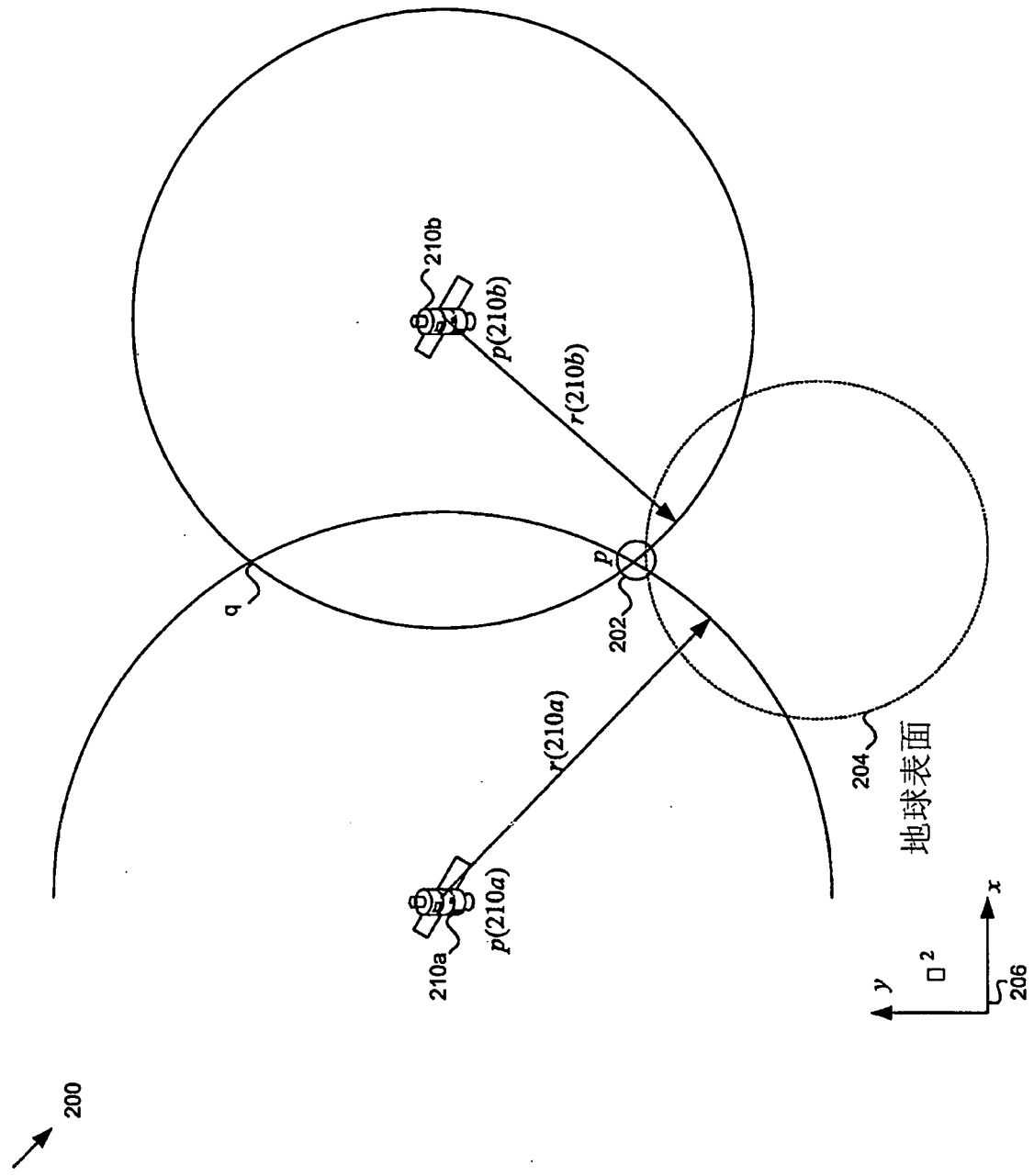


圖 2

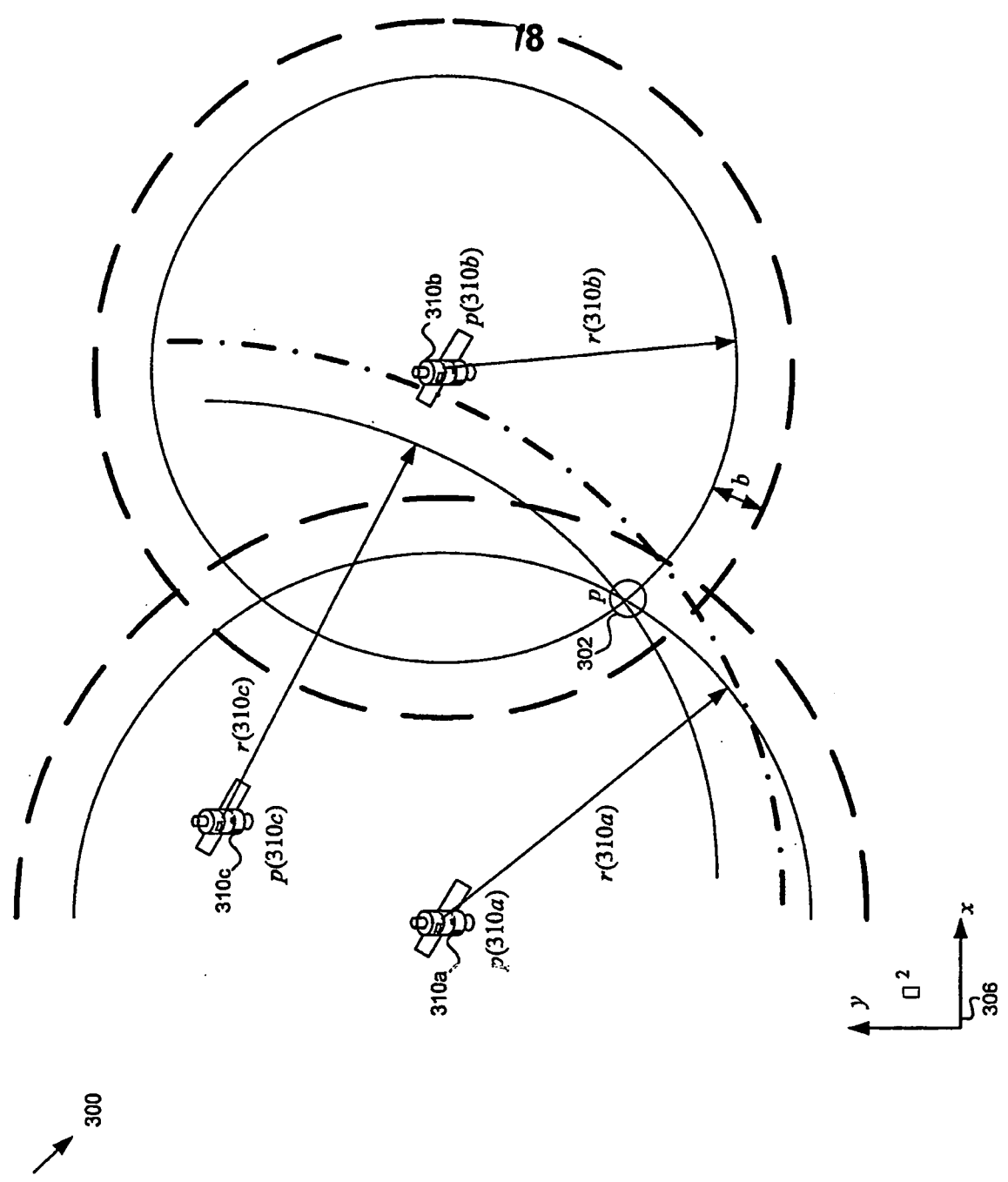


圖 3

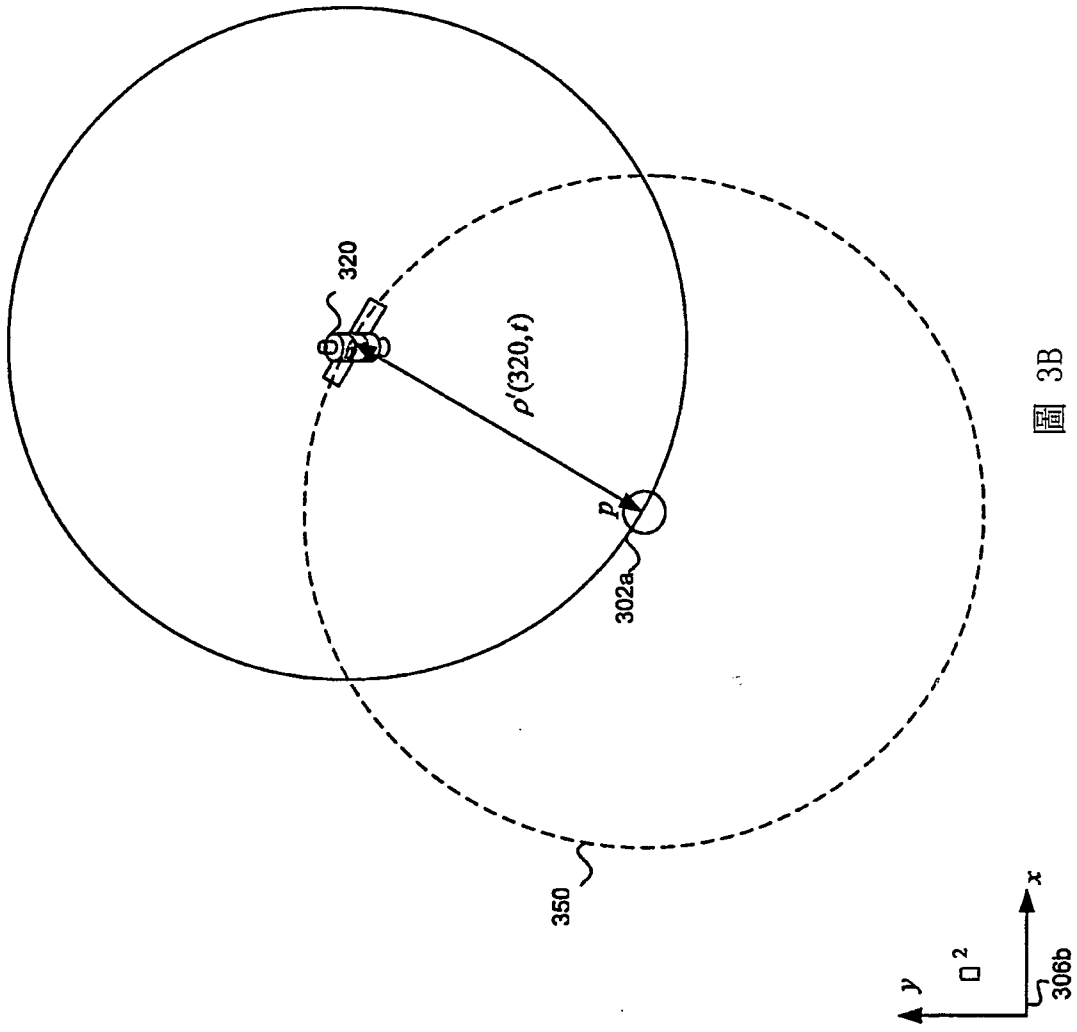


圖 3B

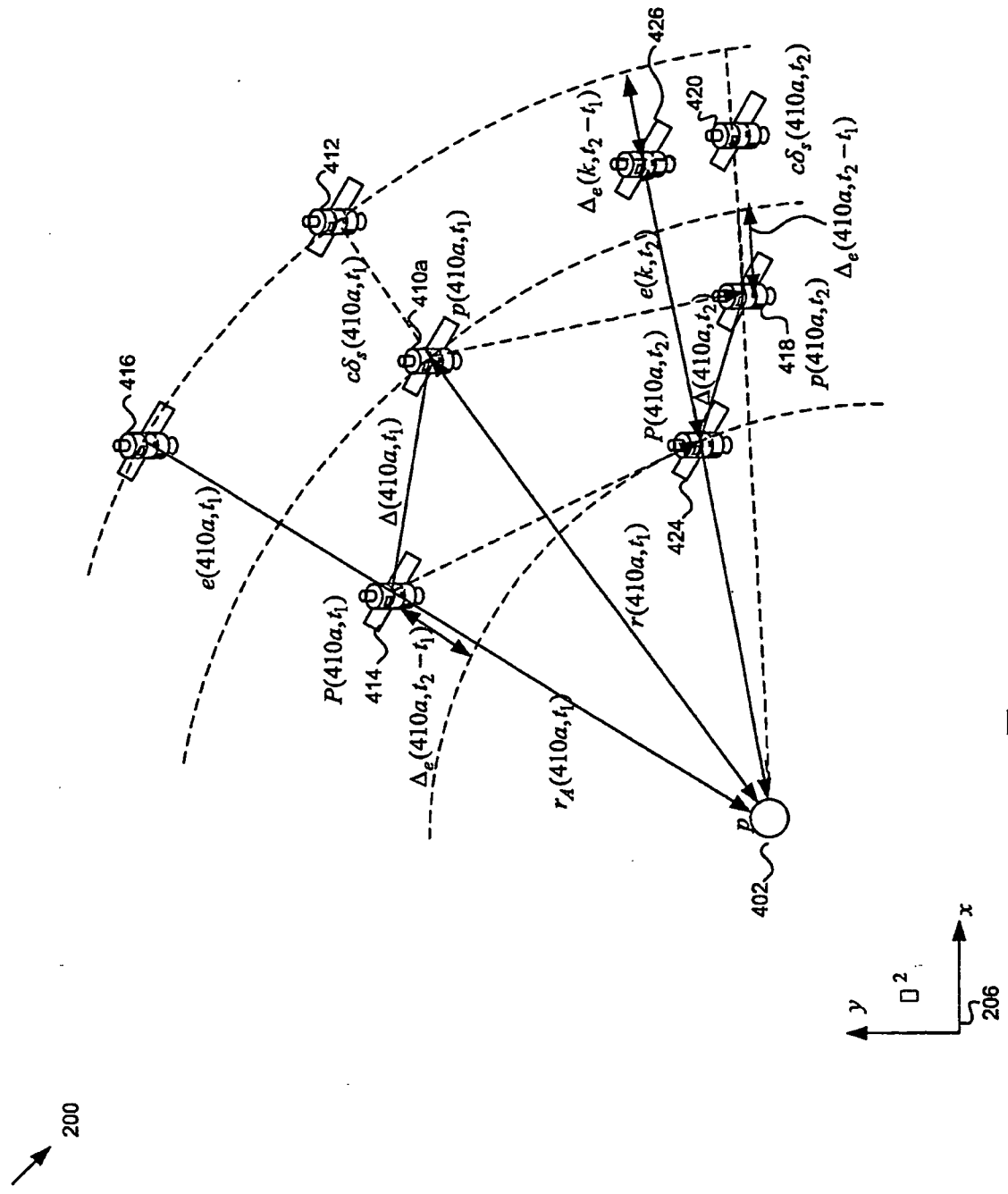


圖 4

200

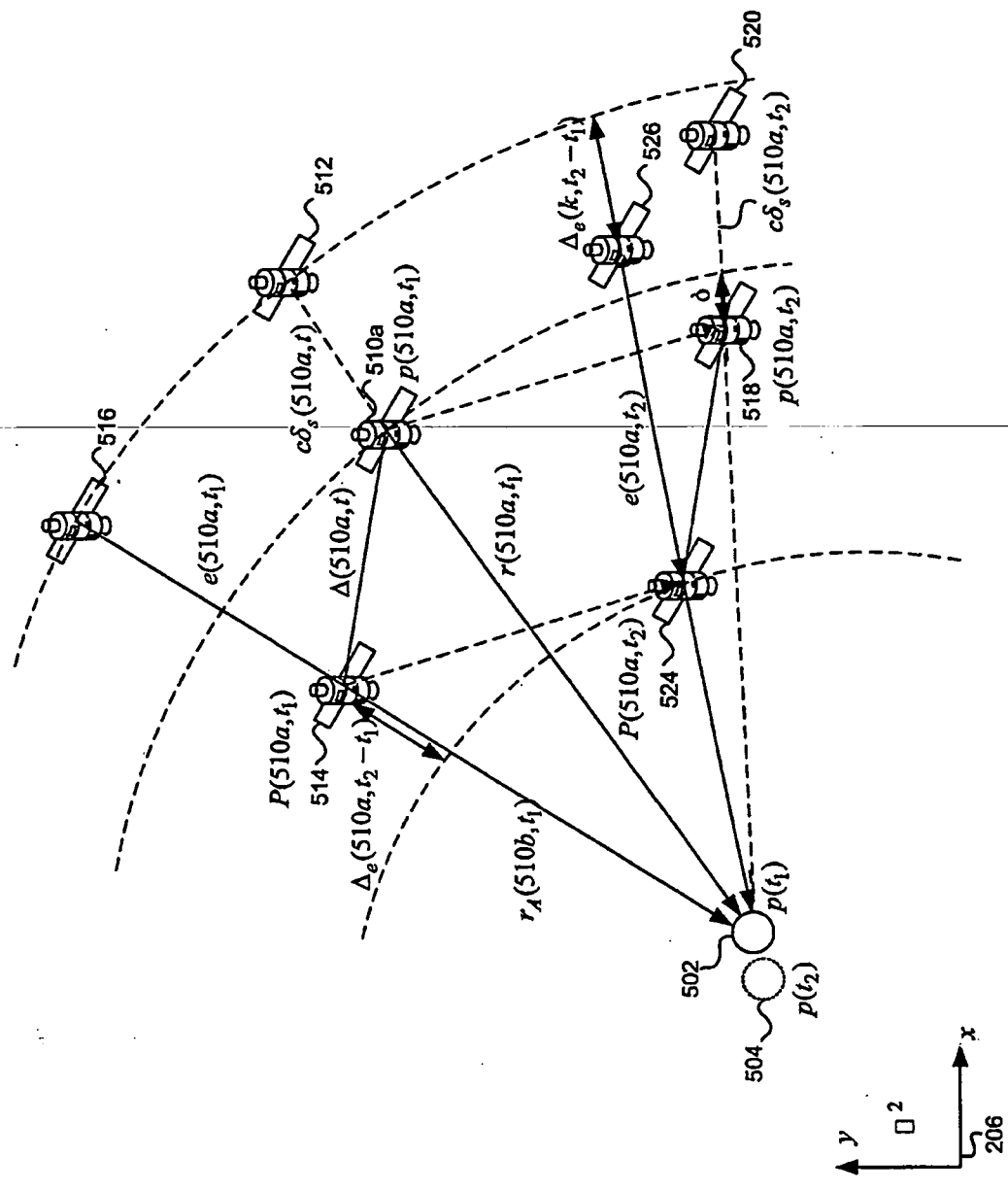


圖 5



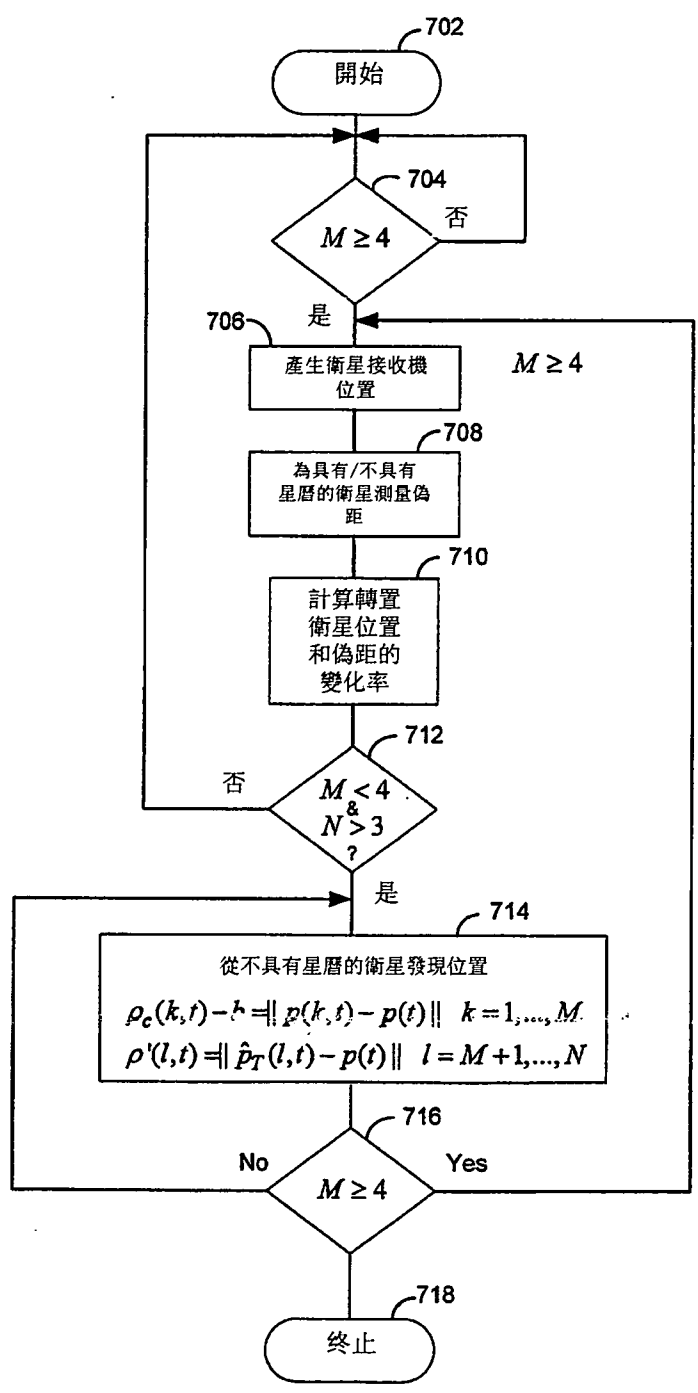


圖 7