



(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 I474652 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 21 日

(21) 申請案號：101104229 (22) 申請日：中華民國 101 (2012) 年 02 月 09 日

(51) Int. Cl. : **H04B7/04 (2006.01)** **H04B7/155 (2006.01)**  
**H04B7/185 (2006.01)**(30) 優先權：2011/02/09 美國 61/441,231  
2011/06/24 美國 13/168,617(71) 申請人：高通公司 (美國) QUALCOMM INCORPORATED (US)  
美國(72) 發明人：札拉立艾馬德 JALALI, AHMAD (CA)；塔蘇吉穆罕默德 A TASSOUDJI,  
MOHAMMAD A. (US)；奧札奇爾尼斯特 T OZAKI, ERNEST T. (US)；艾美斯威  
廉 G AMES, WILLIAM G. (US)；希夫里奧那德 N SCHIFF, LEONARD N. (US)

(74) 代理人：李世章

(56) 參考文獻：

US 2003/0198201A1 US 2006/0009162A1  
US 2006/0229103A1 US 2009/0185533A1

審查人員：陳奕昌

申請專利範圍項數：19 項 圖式數：9 共 46 頁

(54) 名稱

空對地通訊系統的即時校準

REAL-TIME CALIBRATION OF AN AIR TO GROUND COMMUNICATION SYSTEM

(57) 摘要

一種用於空對地雙向通訊系統的即時校準的方法。該方法包括：在該空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列。該方法亦可以包括：在窄波束上在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊。

A method for real-time calibration of an air to ground two-way communication system. The method includes calibrating a ground base station antenna array according to forward link calibration coefficients received from an aircraft as part of a communication signaling protocol during operation of the air to ground two-way communication system. The method may also includes communicating between the ground base station antenna array and the aircraft over a narrow beam.

- 700 . . . 即時校準方法
- 702 . . . 過程方塊
- 704 . . . 過程方塊
- 706 . . . 過程方塊
- 708 . . . 過程方塊
- 710 . . . 過程方塊

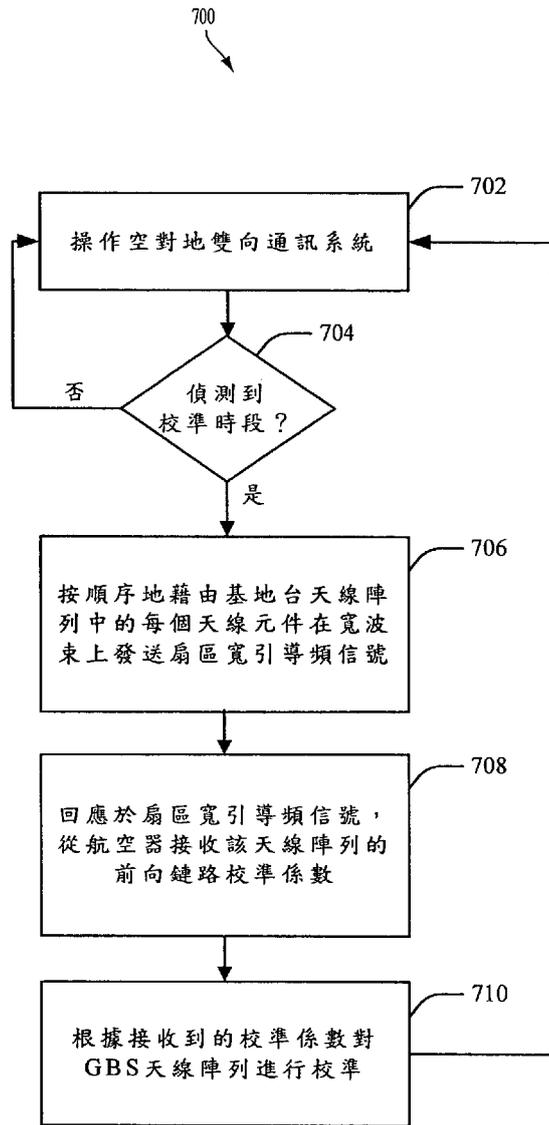


圖 7

# 發明專利說明書

## 公告本

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫；惟已有申請案號者請填寫)

※申請案號：101104229

※申請日期：101年2月9日

※IPC分類：H04B 7/04  
(2006.01)  
H04B 7/155  
(2006.01)  
H04B 7/185  
(2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

空對地通訊系統的即時校準/REAL-TIME CALIBRATION OF AN AIR TO GROUND COMMUNICATION SYSTEM

二、中文發明摘要：

一種用於空對地雙向通訊系統的即時校準的方法。該方法包括：在該空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列。該方法亦可以包括：在窄波束上在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊。

三、英文發明摘要：

A method for real-time calibration of an air to ground two-way communication system. The method includes calibrating a ground base station antenna array according to forward link calibration coefficients received from an aircraft as part of a communication signaling protocol during operation of the air to ground two-way communication system. The method may also include communicating between the ground base station antenna array and the aircraft over a narrow beam.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 ( 7 ) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

|     |        |
|-----|--------|
| 700 | 即時校準方法 |
| 702 | 過程方塊   |
| 704 | 過程方塊   |
| 706 | 過程方塊   |
| 708 | 過程方塊   |
| 710 | 過程方塊   |

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

## 六、發明說明：

### 相關申請案的交叉引用

本專利申請案主張於 2011 年 2 月 9 日提出申請的、發明人為 M. Tassoudji 等的美國臨時申請案第 61/441,231 號的優先權，該臨時申請案已經轉讓給本案的受讓人，故以引用方式將該案全部內容明確地併入本文。

本案與發明人為 A. JALALI 等、代理方案號為 111025U1、名稱為「HIGH DATA RATE AIRCRAFT TO GROUND COMMUNICATION ANTENNA SYSTEM」的共同轉讓的美國專利申請案以及發明人為 A. JALALI 等、代理方案號為 111025U3、名稱為「GROUND STATION ANTENNA ARRAY FOR AIR TO GROUND COMMUNICATION SYSTEM」的共同轉讓的美國專利申請案有關，以引用方式將該兩個專利申請案的揭示內容全部明確地併入本文。

### 【發明所屬之技術領域】

本發明的態樣大體係關於無線通訊系統，更特定言之係關於用於向航空器提供網際網路服務。

### 【先前技術】

存在兩種主要的方式來向飛機提供網際網路存取。在一種方式中，空對地（ATG）系統使用採用蜂巢通訊技術的陸地地面基地台（GBS）來向在陸地上方飛行的航空器提供網際網路存取。當前使用的、在美國大陸上操作的 ATG

系統只使用 3 MHz 的頻譜。儘管該系統有望在商業上得以實現，但是受限的頻譜可能不足以適應對網際網路服務的不斷增長的需求，例如向航空器資料串流傳送網際網路內容。在另一種方式中，衛星鏈路向航空器提供網際網路服務。基於衛星的系統具有更多可用的頻譜，但是該系統的成本過高。

因為用於航空器網際網路通訊的衛星鏈路成本過高，所以使用基於陸地的 ATG 系統更有優勢。期望增加 ATG 的可用頻譜，並提供允許此種系統適應對航空器網際網路服務的不斷增長的需求而基本上不會增加成本的技術。

#### 【發明內容】

根據本發明的一個態樣，描述了一種用於空對地雙向通訊系統的即時校準的方法。該方法包括：在該空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列。該方法亦可以包括：在窄波束上在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊。

在另一態樣中，描述了一種用於空對地雙向通訊系統的即時校準的裝置。該裝置包括：用於在該空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列的構件。該裝置亦可以包括：用於在窄波束上在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊的構件。

在另一態樣中，描述了一種用於空對地雙向通訊系統的即時校準的電腦程式產品。該電腦程式產品包括電腦可讀取媒體，該電腦可讀取媒體具有記錄在該媒體上的程式碼。該電腦程式產品具有：用於在該空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列的程式碼。該電腦程式產品亦包括：用於在窄波束上在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊的程式碼。

在另一態樣中，描述了一種用於空對地雙向通訊系統的即時校準的裝置。該裝置包括：至少一個處理器；及耦合到該至少一個處理器的記憶體。該處理器被配置為：在該空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列。該處理器被進一步配置為：在窄波束上在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊。

已經相當寬泛地概述了本發明的特徵和技術優點，以便可以更好地理解隨後的詳細描述。將在下文描述本發明的附加特徵和優點。本領域技藝人士應當清楚的是，本發明可以容易地用作修改或設計其他結構的基礎，以實現本發明的相同目的。本領域技藝人士亦應當意識到，此種等效構造並不脫離本發明的在所附申請專利範圍中闡述的教示。經由下文結合附圖提供的描述將更好地理解被認為是本發明的特性的新穎特徵（在本發明的組織和操作方法方面）以及進一步的目的和優點。然而，應當明確理解的是，

每個附圖只是為了解釋和描述的目的而提供的，並且並不是要作為對本發明的限制的限定。

### 【實施方式】

下文結合附圖闡述的詳細描述意欲作為各種配置的描述，而並不意欲表示可以實施本文描述的概念的僅有配置。為了提供對各種構思的全面理解，詳細描述包括具體的細節。然而，對於本領域技藝人士而言顯而易見的是，沒有該等具體的細節亦可以實現該等構思。在一些實例中，以方塊圖的形式圖示熟知的結構和元件，以便避免使該等概念變得模糊。

由於實際和經濟的原因，已經對可用於由陸地空對地（ATG）系統進行的與航空器的網際網路通訊的頻譜進行了限制。提供與在較大區域（例如美國大陸）上在較高的高度飛行的航空器的無瑕疵通訊涉及在該較大區域上可用的頻譜。亦即，分配給 ATG 系統的頻譜應當是全國範圍內可用的。然而，辨識頻譜中在全國範圍內可用的部分是有問題的，更不用說安排對頻譜中的已經被分配以供它用的部分進行釋放。

已經將大量的頻譜分配給同步衛星，以在廣播 TV 和雙向 FSS（固定衛星服務）中使用。本發明的態樣提供了用於在 ATG 應用和同步衛星通訊系統之間共享頻譜部分的高資料速率的航空器對地面通訊天線系統。同步衛星系統當前使用諸如 C 波段（4 GHz 的下行鏈路，6 GHz 的上行

鏈路)、Ku 波段 (12 GHz 的下行鏈路, 14 GHz 的上行鏈路) 以及 Ka 波段 (20 GHz 的下行鏈路, 30 GHz 的上行鏈路) 之類的頻段。在一個態樣中, 高資料速率的航空器對地面通訊天線系統可以共享 Ku 上行鏈路波段, 以向航空器提供網際網路服務。

本發明的態樣提供了用於 ATG 系統的方法和裝置, 在 ATG 系統中, 與飛機中的航空器收發機 (ATs) 進行通訊的地面基地台 (GBSs) 可以使用頻譜的分配給衛星系統的上行鏈路部分, 而不會對衛星系統上的通訊產生不可容忍的干擾。在本發明中描述的系統和技術可以允許現有的衛星系統與新的 ATG 系統共存於同一頻譜上, 而在該兩個系統之間只存在可以忽略的交叉干擾。

在圖 1 中描述了根據本發明的說明性態樣用於無線通訊的系統 100。在一個態樣中, 系統 100 包括地面基地台 102, 地面基地台 102 使用前向鏈路 (FL) 108 和反向鏈路 (RL) 106 在衛星上行鏈路波段上發送並接收信號。與地面基地台 102 進行通訊的航空器收發機 (AT) 120 亦可以使用前向鏈路 108 和反向鏈路 106 在衛星上行鏈路波段上發送並接收信號。在一個態樣中, 航空器收發機 120 可以包括多波束可切換陣列天線。亦圖示另一地面基地台 110。

在一個態樣中, 航空器收發機 120 可以包括航空器天線, 航空器天線由多波束可切換陣列組成, 多波束可切換陣列能夠在任何方位角與地面基地台 102 進行通訊。航空器天線可以安裝在機身下方, 具有較小的突起和空氣動力

學輪廓，以降低或最小化風阻。在一個態樣中，天線的仰角範圍大約在水平線以下  $3^{\circ}$  到  $10^{\circ}$ 。天線陣列可以包括  $N$  個元件，該  $N$  個元件被設置成使得每個元件在不同的方位角導引單獨的波束，每個元件覆蓋  $360/N$  度，例如如圖 2 中所示。

圖 2 圖示航空器天線陣列系統 200 的一個實例，航空器天線陣列系統 200 具有多個例如工作在 14 千兆赫茲 (GHz) 的 12 波束陣列 202 (202-1, ..., 202-N)。典型地，航空器天線陣列 202-1 具有 12 個喇叭天線 210 (210-1, ..., 210-12)，每個喇叭天線的方位角覆蓋  $30^{\circ}$  的扇區，每個喇叭天線的孔徑大小大約為 2.0 英寸 x 0.45 英寸並且具有大於 10 dBi (dB 各向同性) 的增益。在一個態樣中，天線陣列的整體直徑約為 8 英寸。

儘管圖 2 圖示 12 波束陣列配置形式的航空器天線陣列 202，但是應當意識到的是，在仍然屬於本案內容和所附申請專利範圍的範圍內的同時，其他配置亦是可能的。具體而言，一種示例性配置包括 4 波束陣列配置形式的 4 天線陣列 202。在一個態樣中，多個航空器天線陣列 202 能夠實現在不同的仰角進行地面基地台搜尋。在一個態樣中，多個天線陣列 202 能夠實現地面基地台天線搜尋在仰角上的扇區化。在該態樣中，每個元件耦合到元件自己的收發機。如下文進一步詳細描述，地面基地台搜尋能夠實現航空器收發機 120 與下一地面基地台 (例如如圖 1 中所示的地面基地台 110) 之間的交遞。

在一個態樣中，航空器天線陣列系統 200 安裝在機身下方，並且輔助天線安裝在航空器的不同部分之上，以改善航空器網際網路服務。具體而言，航空器在飛行期間的傾斜或旋轉可能中斷安裝在機身下方的航空器天線陣列系統 200 與地面基地台 102 之間的通訊。在一個態樣中，在航空器傾斜或旋轉時，輔助天線藉由在該等時間期間操縱與地面基地台的通訊來降低航空器收發機 120 與地面基地台 102 之間的通訊中斷。在圖 3A 和圖 3B 中進一步圖示航空器天線 200 的特性。

圖 3A 圖示根據本發明的一個態樣的單個天線元件 210 在方位角 0、5、10、15 和 20 度處的模擬的仰角增益方向圖的示意圖 300。典型地，圖 3A 中的 x 軸表示球座標中的 theta 角，其中水平線位於  $90^\circ$ 。因為該模擬是在無限的平面上進行的，所以根據圖像理論水平線以上（-90 和 90 之間）的增益方向圖是重複的，並且應當忽略。圖 3B 圖示根據本發明的一個態樣的兩個相鄰元件的模擬的方位角增益方向圖 352 和 354 以及數位組合的波束 360 的示意圖 350。

航空器天線 200 的用於提供航空器網際網路服務的操作涉及偵測以及在當前地面基地台 102 與下一地面基地台 110（如圖 1 中所示）之間的航空器數據機交遞。天線系統可以採用各種通訊和搜尋的方案。在一個態樣中，單個接收鏈用於通訊，其中以連續的、分時的方式來執行搜尋。在另一態樣中，可以使用兩個接收鏈，其中一個鏈用於地

面站通訊，另一鏈用於地面基地台搜尋。在兩個接收鏈配置中，在不進行搜尋時，搜尋鏈亦可以用於分集組合以增加增益和傳輸量。地面基地台搜尋可以按如下方式來執行。

在一個態樣中，地面基地台搜尋可以包括：在給定的航空器天線元件上搜尋從地面基地台接收的所有引導頻信號。對所接收的引導頻信號進行排序，以決定航空器數據機是否應當交遞到另一地面基地台，其中航空器數據機正從該另一地面基地台接收更強的引導頻信號。一旦在一個天線元件上完成搜尋，該搜尋就可以切換到另一元件，並在該元件上重複引導頻搜尋。在一個態樣中，天線元件 210-2 到 210-12 中的每一個可以在天線元件 210-1 接收資料的同時不斷地搜尋地面站，如圖 2 中所示。

在上文描述的配置中，切換的天線方案涉及在不同天線元件之間進行切換以在保持較低的複雜性的同時實現較高的增益的收發機。或者，可以藉由使用相控陣技術組合多個天線元件來形成定向波束。在一個態樣中，上文描述的切換天線方案可以組合兩個相鄰的波束 352 和 354，以形成組合波束 360，從而在只略微增加硬體複雜性以提供分集的同時進一步增加天線增益。在一個態樣中，切換天線方案可以使用相鄰天線元件的部分相控陣列波束組合。例如，當進行通訊的地面基地台處於相鄰波束的邊緣或相鄰波束附近時，可以組合相鄰波束來改善系統的效能。

圖 4 圖示地面基地台 102 和航空器收發機 120 的設計的方塊圖。地面基地台 102 可以配備有天線 434a 到 434t，並且航空器收發機 120 可以配備有天線 452a 到 452r。

在地面基地台 102 處，發射處理器 420 可以從資料來源 412 接收資料，並從控制器/處理器 440 接收控制資訊。處理器 420 可以分別對該資料和控制資訊進行處理（例如，編碼和符號映射），以獲得資料符號和控制符號。處理器 420 亦可以產生參考符號。若適用的話，發射（TX）多輸入多輸出（MIMO）處理器 430 可以對資料符號、控制符號及/或參考符號執行空間處理（例如，預編碼），並且可以向調制器（MODs）432a 到 432t 提供輸出符號串流。每個調制器 432 可以（例如針對 OFDM 等）處理相應的輸出符號串流，以獲得輸出取樣串流。每個調制器 432 可以進一步對輸出取樣串流進行處理（例如，轉換到類比、放大、濾波以及升頻轉換），以獲得下行鏈路/前向鏈路信號。來自調制器 432a 到 432t 的下行鏈路信號可以分別經由天線 434a 到 434t 進行發送。

在航空器收發機 120 處，天線 452a 到 452r 可以從地面基地台 102 接收下行鏈路/前向鏈路信號，並且可以將所接收的信號分別提供給解調器（DEMODs）454a 到 454r。每個解調器 454 可以對相應的接收信號進行調節（例如，濾波、放大、降頻轉換以及數位化）以獲得輸入取樣。每個解調器 454 進一步可以（例如針對 OFDM 等）對輸入取樣進行處理，以獲得接收符號。MIMO 偵測器 456 可以從所

有解調器 454a 到 454r 獲得接收符號，若適用的話對接收符號執行 MIMO 偵測，並提供偵測符號。接收處理器 458 可以對偵測符號進行處理（例如，解調、解交錯以及解碼）、向資料槽 460 提供針對航空器收發機 120 的解碼資料，並向控制器/處理器 480 提供解碼的控制資訊。

在反向鏈路/上行鏈路上，在航空器收發機 120 處，發射處理器 464 可以對來自資料來源 462 的資料以及來自控制器/處理器 480 的控制資訊進行接收和處理。處理器 464 亦可以產生參考信號的參考符號。來自發射處理器 464 的符號可以由 TX MIMO 處理器 466 預編碼（若適用的話），進一步由調制器 454a 到 454r 處理並被發送到地面基地台 102。在地面基地台 102 處，來自航空器收發機 120 的上行鏈路/反向鏈路信號可以由天線 343 接收，由解調器 432 處理，由 MIMO 偵測器 436 偵測（若適用的話），並進一步由接收處理器 438 處理，以獲得解碼的由航空器收發機 120 發送的資料和控制資訊。處理器 438 可以向資料槽 439 提供解碼的資料，並向控制器/處理器 440 提供解碼的控制資訊。

控制器/處理器 440 和 480 可以分別導引地面基地台 102 和航空器收發機 120 處的操作。地面基地台 102 處的處理器 440 及/或其他處理器和模組可以執行或導引用於本文描述的技術的各個過程的執行。航空器收發機 120 處的處理器 480 及/或其他處理器和模組亦可以執行或導引在圖 8 的使用方法流程圖中圖示的功能方塊及/或用於本文描述

的技術的其他過程的執行。記憶體 442 和 482 可以分別為地面基地台 102 和航空器收發機 120 儲存資料和程式碼。

在圖 5 和圖 6 中圖示根據本發明的態樣包括用於與航空器天線 200 進行通訊的天線陣列的地面站天線陣列系統。在一個態樣中，地面站天線陣列系統可以包括高增益的多波束天線陣列，該高增益的多波束天線陣列能夠同時與多個航空器進行通訊，例如如圖 5 和圖 6 中所示的。圖 5 和圖 6 圖示根據本發明的態樣的扇區化和天線陣列配置的兩個實例。

在一個態樣中，扇區化可以包括在仰角上分離扇區以增加系統傳輸量，例如如圖 5 和圖 6 中所示。典型地，可以將方位角和仰角上的覆蓋區域劃分成窄區域，其中天線陣列可以在覆蓋區域中的所有角度上維持天線陣列增益要求。在一個配置中，天線可以在 14 GHz 範圍內工作，天線的覆蓋區域為方位角  $120^\circ$  和仰角  $0.5^\circ$  到  $10^\circ$ 。由於到航空器的路徑損耗較低，因此地面基地台天線增益在  $0.5^\circ$  仰角處可以是 40 dBi，並且在  $10^\circ$  的仰角處減小到 25.5 dBi。

再次參照圖 5，圖 5 圖示具有兩個天線面板 510 和 530 的地面基地台天線陣列系統 500 的配置，每個天線面板的方位角覆蓋  $60^\circ$ 。在一個態樣中，每個天線面板 510/530 可以分別由具有天線元件 522 (522-1, ..., 522-N)、524 (524-1, ..., 524-N)、542 (542-1, ..., 542-N) 和 544 (544-1, ..., 544-N) 的  $N \times M$  的陣列 520/540 組成，其中陣列 520/540 在本文中可以用稱為地面站天線陣列。在

一個態樣中，每個天線元件包括發射/接收 (T/R) 模組。典型地，地面站天線陣列 520 和 540 包括 50 x 6 個天線元件；然而，在仍然屬於所描述的態樣和所附申請專利範圍的範圍內的同時其他配置亦是可能的。在一個態樣中，可以採用數位波束成形來組合信號並實現所期望的整體增益。可以在每個面板的不同列和行中的天線元件上計算數位波束成形。

圖 6 圖示地面站天線陣列系統 600 的配置，其中覆蓋仰角的天線面板 610、620、630 和 640/650、660、670 和 680 的數量增加到 4 個，並且覆蓋方位角的面板 602 和 604 的數量維持在 2 個。在一個態樣中，覆蓋較高仰角的面板 (610/650) 的孔徑大小小於覆蓋較低仰角的面板 (640/680) 的孔徑的大小，因為在較高的仰角處需要的增益更小。每個天線陣列 612 (612-1, …… , 612-N) /650 (650-1, …… , 650-N) 可以包括 50x1 個元件，其中在該 50x1 個元件上應用了數位波束成形。在一個態樣中，例如，根據航空器的仰角，將數字波束的產生從相鄰面板 610/650 之間切換到下一相鄰面板 620/660。

可以藉由在保持陣列的大小的同時進一步降低每個面板在方位角上的覆蓋區域並增加元件的天線孔徑，來實現使用更少數量的元件進行數位波束成形的其他配置。此舉可能導致更大的整體地面站天線陣列大小，但是不太複雜的數位信號處理。在一個態樣中，單個元件可以用於每個扇區，而不需要進行任何數位波束成形，在上文的實例中

此情況對應於  $100 \times 4$  個天線。

在一個態樣中，數字波束成形可以用在每一個陣列中，以提供多個可操縱的筆形波束。針對陣列中的每個元件的信號可以通過 T/R（發射/接收）模組，並轉換為基頻。在一個態樣中，可以藉由波束操縱電腦來計算定向波束的相移，並將該相移應用到每一個信號。可以將相似的相位因數應用到發射信號，並通過發射/接收模組將該相位因數傳遞到天線元件中。在一個態樣中，校準程序對每個元件的幅度和相位進行均衡化，並考慮電路的時間變化。

如上文提到的，校準對天線和發射/接收單元的不同相位/幅度回應進行補償。可以使用內置電路在工廠中執行一種類型的校準。此種校準可以使用任何熟知的技術。內置的校準方案亦可以用於現場的定期校準，以追蹤由溫度和時間引起的變化。另一種用於校準的方式可以內置到空中介面中，以在地面基地台和航空器數據機之間執行雙向通訊的同時提供即時校準。在一個態樣中，使用空中介面的通訊訊號傳遞來定期地執行校準。具體而言，在空對地雙向通訊系統執行時，可以執行空中（OTA）即時校準。

在一個態樣中，地面基地台（GBS）單元上的前向鏈路（FL）定期地在覆蓋整個扇區的寬波束上發送引導頻信號。如本文中所描述的，在地面基地台的前向鏈路上定期發送的引導頻信號可以被稱為扇區寬引導頻（SWP）。在一個態樣中，扇區寬引導頻可以允許航空器偵測新的地面基地台、與地面基地台同步以及接收諸如關於下文描述的定

期校準程序的資訊之類的系統參數。例如，如圖 1 中所示的，地面基地台 102 可以在前向鏈路 108 上發送扇區寬引導頻。

在一個態樣中，可以藉由在各個地面站天線陣列元件（522、524、542、544、612 或 650）（例如如在圖 5 和圖 6 中所示的）中的任意一個上進行發送，來形成用於發送扇區寬引導頻的寬波束。航空器數據機可以偵測此種扇區寬引導頻，以作為航空器數據機搜尋程序的一部分。用於校準地面站天線陣列元件中的發射元件的一個可能的即時程序是按如下方式執行的。

在一個態樣中，地面基地台定期地進入校準模式。可以在承載扇區寬引導頻的同一寬波束上在前向鏈路上發送校準模式的時間。首先可以執行對地面站天線陣列的發射方的校準。具體而言，地面基地台發射器可以在分配給校準的時段期間在所有地面站天線陣列元件上連續地發送扇區寬引導頻。在解調之後，在航空器處從第  $k$  個地面站天線陣列元件接收的信號由下式提供：

$$\left(\alpha_k e^{-j\theta_k}\right) \left(\beta_k e^{-j\phi_k}\right) \left(\delta_k e^{-j\nu_k}\right) \left(\sigma_k e^{-j\partial_k}\right) \quad (1)$$

在式 (1) 中，第一項可以與 RF 鏈中的增益 ( $\alpha_k$ ) 和延遲 ( $\theta_k$ ) 相對應。第二項可以與天線元件之間耦合的幅度 ( $\beta_k$ ) 和相位 ( $\phi_k$ ) 相對應。第三項可以與來自天線陣列間隔的幅度 ( $\delta_k$ )、相位 ( $\nu_k$ ) 相對應。最後一項可以與多徑衰落幅度 ( $\sigma_k$ ) 和相位 ( $\partial_k$ ) 相對應。並且，式 (1) 中的  $j$  表示複數的虛部。

在一個態樣中，前三項是由硬體引起的，並且可以藉由進行多個暫態量測以對最後一項求平均值來進行估計。例如，考慮到航空器飛行的速度較高，通道變化發生得非常快（例如，以毫秒為量級）。在一個態樣中，可以在兩毫秒的間隔上進行式（1）的多個量測。隨後，可以對該等單獨的量測進行濾波，以對式（1）中的最後一項求平均值，最後一項是由多徑引起的。在式（1）中，最後一項可以假定通道是頻率非選擇性的，或者假定量測是在窄頻寬上（例如在 OFDM（正交分頻多工）實體層的各個音調上）進行的。

在較寬的寬頻系統的一個態樣中，可以在足夠數量的音調上發送信號，以確保在所有頻率上校準硬體。航空器數據機可以計算上文描述的校準係數，並且將該等係數發送到地面基地台，所以地面基地台可以將該等係數用於針對航空器的前向鏈路波束成形，例如如圖 1 中所示的。

空對地雙向通訊系統的即時校準過程可以按如下方式來執行。圖 7 是圖示根據本發明的一個態樣包括地面站天線陣列系統的空對地雙向通訊系統的即時校準方法 700 的流程圖。在過程方塊 702 處，空對地雙向通訊系統操作，以向航空器提供網際網路服務，例如如圖 1 中所示的。在過程方塊 704 處，決定在空對地雙向通訊系統操作期間是否偵測到校準時段。在偵測到校準時段之前，空對地雙向通訊系統繼續執行。一旦偵測到校準時段，就可以按如下方式來對基地台天線系統執行校準。

在過程方塊 706 處，藉由基地台天線陣列中的每個天線元件在寬波束上連續地發送扇區寬引導頻信號。在一個態樣中，天線 500 (圖 5) 可以在地面站天線陣列 520 和 540 中的每個元件上發送扇區寬引導頻 (SWP)。在圖 6 所示的配置中，地面站天線系統 600 可以根據航空器的仰角，在相鄰天線面板 610 和 650、620 和 660、630 和 670 或者 640 和 680 中的一個上發送扇區寬引導頻。

再次參照圖 7，在過程方塊 708 處，在校準時段期間，回應於扇區寬引導頻信號，可以從航空器接收天線陣列的前向鏈路校準係數。在一個態樣中，校準係數表徵航空器所接收的扇區寬引導頻信號。在過程方塊 710 處，使用根據本發明的一個態樣的式 (1) 根據所接收的校準係數來對地面站天線陣列系統中的天線陣列執行即時校準。

在一個態樣中，可以以與上文的方案類似的方式，但是藉由使航空器數據機在反向鏈路 (RL) 106 (如圖 1 中所示的) 上發送引導頻序列來執行接收側的校準。可以使用足夠的能量並使用足夠的持續時間來發送引導頻信號，以能夠實現在地面基地台處的每個天線元件處的偵測。與上文描述的用於校準發射鏈的方案類似，在一個態樣中，可以藉由對由多徑衰落引起的任何變化求平均值來估計接收鏈的相位和幅度。

一旦校準了地面基地台和航空器天線，就可以以任意數量的方式來執行波束成形。在一個態樣中，航空器基於當前位置方位向地面基地台發送航空器位置，其中當前位置

方位可以使用例如諸如全球定位系統（GPS）之類的位置定位系統來決定。地面基地台可以使用該資訊來在航空器的方向上並且亦在地面基地台處的接收側上形成波束。在被校準的天線系統中，關於航空器和地面基地台的位置的知識可以用於計算相控陣天線的係數，以使波束的瞄準線指向航空器的位置。根據本發明的一個態樣，可以在飛行期間使用定期向地面基地台報告的航空器位置來調整波束。

在一個態樣中，航空器和地面基地台可以調整航空器和地面基地台的波束，以增加或最大化在航空器處以及在地面基地台處接收的信號與雜訊加干擾比（SINR）。例如，地面基地台可以稍微移動地面基地台的發射波束。航空器將向地面基地台報告在航空器處接收的 SINR 量測。在一個態樣中，地面基地台可以藉由基於從航空器接收到的 SINR 回饋調整地面基地台的波束，來檢視改善的或最優的發射波束。在一個態樣中，地面基地台可以發送一或多個相鄰的波束，以基於例如所量測的信號能量來決定相鄰的波束中的一個是否提供了改善的效能。在一個態樣中，可以在從航空器到地面基地台的反向鏈路上使用對改善的或最優的波束的偵測。

在前向鏈路和反向鏈路是相互的 TDD（分時雙工）通道中，除了被校準的硬體相位和延遲以外，地面基地台亦可以藉由對相鄰波束上接收的 SINR 進行比較來決定期望的或最佳的接收波束。隨後，地面基地台可以基於該地面基

地台接收側上的期望的或最優的波束來形成針對航空器的波束。在一個態樣中，地面基地台重複地決定期望的或最優的接收波束，並相應地調整發射波束。配備有多波束可切換陣列天線的航空器所進行的空對地通訊的過程可以按照如下方式來執行。

圖 8 是圖示根據本發明的一個態樣配備有多個具有多波束可切換天線元件的天線陣列的航空器所進行的空對地通訊的方法 800 的流程圖。在過程方塊 802 處，藉由天線的第一天線元件在來自網路的第一地面站的寬波束上接收第一引導頻信號。在一個態樣中，天線 200 (圖 2) 可以在第一天線元件 210 (210-1, ... .., 210-12) 上接收扇區寬引導頻 (SWP)，該第一天線元件覆蓋與航空器所成的第一方位角範圍。在圖 2 中所示的配置中，航空器天線 200 具有 12 個喇叭天線 210 (210-1, ... .., 210-12)，每個喇叭天線在方位角上覆蓋  $30^\circ$  的扇區。

再次參照圖 8，在過程方塊 804 處，藉由第一天線元件 (例如，210-1) 在定向波束上從第一地面站接收資料。在過程方塊 806 處，藉由天線的第二天線元件在來自該網路的至少一個第二地面站的寬波束上接收至少一個第二引導頻信號，其中第二天線元件覆蓋與航空器所成的第二方位角範圍，第二方位角範圍不同於第一方位角範圍。例如，可以在從第一地面基地台 102 接收資料的同時從第二地面站 110 接收扇區寬引導頻，如圖 1 中所示。

如圖 2 中所示，資料可以由第一天線元件 210-1 接收，

而扇區寬引導頻由第二天線元件 210-2 接收。在一個配置中，在天線元件 210-1 接收資料的同時，天線元件 210-2 到 210-12 中的每一個可以不斷地搜尋地面站。在可替換的態樣中，分時模式藉由使用單個天線元件接收資料而操作，並且在不接收資料時，其餘天線元件可以搜尋地面站，以決定是否執行航空器數據機交遞。

再次參照圖 8，在過程方塊 808 處，將第二引導頻信號的信號強度與第一引導頻信號的信號強度進行比較。在過程方塊 810 處，回應於決定出第二天線所接收的第二引導頻信號強度大於在第一天線元件上接收的第一引導頻信號強度，可以將對資料的接收從第一天線元件切換到第二天線元件。在一個態樣中，對於具有多個航空器天線陣列的配置而言，可以針對每個航空器天線陣列 202（圖 2）重複如圖 8 中所示的方法 800。在可替換的態樣中，針對選擇的航空器天線陣列（例如 202-1）來執行方法 800。

來自非同步衛星終端的傳輸可能干擾從地面基地台到被服務的航空器上的航空器收發機的通訊。此外，其他航空器可能干擾從地面基地台到被服務的航空器上的航空器收發機的通訊。此外，當空對地通訊系統使用 Ka 波段或 Ku 波段時，雨水可能引起信號降級。本發明的態樣可以減輕對航空器終端的此種類型的干擾以及信號降級。

如圖 1 中所示的，可以增加地面基地台 102 的前向鏈路 108 上的傳輸功率以克服干擾，同時對地面基地台 110 的前向鏈路傳輸功率進行等量的減少。在一個態樣中，地面

基地台控制器/處理器 440 (圖 4) 負責調整各個基地台之間的傳輸功率，使得各個地面基地台上的整體傳輸功率之和保持不變。

具體而言，航空器接收器可以量測信號與干擾加雜訊比 (SINR)，並向地面基地台發送所量測的 SINR 的指數。在一個態樣中，地面基地台調整前向鏈路波束上的發射功率，以使航空器處接收的 SINR 保持在目標值以上。在下雨的情況中，信號變弱，從而導致航空器處的接收 SINR 減小。可以允許每個波束具有最大的發射功率。基地台控制器將對來自所有地面基地台的整體發射功率施加限制。在存在來自其他系統的對航空器接收器的干擾的情況下，SINR 的干擾項將增加，從而減小了航空器所接收的 SINR。在一個態樣中，地面基地台控制器可以回應於來自航空器數據機的 SINR 回饋來增加前向鏈路功率。

圖 9 是圖示根據本發明的一個態樣用於增加來自服務地面基地台的前向鏈路上的傳輸功率以減輕航空器干擾的方法 900 的流程圖。在過程方塊 902 處，在地面基地台天線陣列的從服務地面基地台到航空器的前向鏈路上的資料傳輸期間，偵測干擾。在過程方塊 904 處，服務地面基地台可以增加前向鏈路上的傳輸功率，以減輕航空器干擾。在一個態樣中，增加服務地面基地台的傳輸功率涉及對一或多個其他地面基地台的傳輸功率進行等量減小。相應地，在過程方塊 906 處，對一或多個其他地面基地台的傳輸功率進行減小。在一個態樣中，對傳輸功率進行減

小，使得各個地面基地台上的整體傳輸功率之和保持不變。

在一個配置中，地面基地台 102 被配置用於無線通訊，該地面基地台 102 包括用於在空對地雙向通訊系統操作期間，作為通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從航空器接收的前向鏈路校準係數來校準地面基地台天線陣列的構件。在一個態樣中，校準構件可以是圖 4 中的控制器/處理器 440 及/或記憶體 442。地面基地台被進一步配置為包括用於在窄波束上在地面基地台天線陣列和航空器之間進行通訊的構件。在一個態樣中，通訊構件可以是如圖 5 和圖 6 所示的地面基地台天線陣列及/或圖 4 中的天線 434a-r、解調器 434a-r、發射處理器 420、控制器/處理器 440 及/或記憶體 442。在另一態樣中，前述構件可以是被配置為執行由前述構件記載的功能的模組或任意裝置。

本領域技藝人士亦應清楚的是，結合本文的揭示內容描述的各種說明性的邏輯方塊、模組、電路和演算法步驟均可以實現成電子硬體、電腦軟體或電子硬體與電腦軟體的組合。為了清楚地表示硬體和軟體之間的可交換性，上面對各種說明性的元件、方塊、模組、電路和步驟均圍繞功能進行了整體描述。至於此種功能是實現成硬體還是實現成軟體，取決於特定的應用和對整體系統所施加的設計約束條件。本領域技藝人士可以針對每個特定應用，以變通的方式實現所描述的功能，但是，此種實現決策不應解釋為引起與本發明的範圍的背離。

可以使用被設計用於執行本文所描述的功能的通用處理器、數位訊號處理器(DSP)、特殊應用積體電路(ASIC)、現場可程式設計閘陣列(FPGA)或其他可程式設計邏輯設備、個別閘門或者電晶體邏輯裝置、個別硬體元件或者上述之任意組合，來實現或執行結合本文的揭示內容所描述各種說明性的邏輯區塊、模組和電路。通用處理器可以是微處理器，或者，該處理器亦可以是任何一般的處理器、控制器、微控制器或者狀態機。處理器亦可能實現為計算設備的組合，例如，DSP和微處理器的組合、複數個微處理器、一或多個微處理器與DSP核心的結合，或者任何其他此種結構。

結合本文的揭示內容所描述的方法或者演算法的步驟可直接體現在硬體、由處理器執行的軟體模組或上述之組合中。軟體模組可以位於RAM記憶體、快閃記憶體、ROM記憶體、EPROM記憶體、EEPROM記憶體、暫存器、硬碟、可移除磁碟、CD-ROM或者本領域已知的任何其他形式的儲存媒體中。一種示例性的儲存媒體耦合到處理器，從而使處理器能夠從該儲存媒體讀取資訊，且可向該儲存媒體寫入資訊。或者，儲存媒體可以是處理器的組成部分。處理器和儲存媒體可以位於ASIC中。該ASIC可以位於使用者終端中。或者，處理器和儲存媒體亦可以作為個別元件位於使用者終端中。

在一或多個示例性設計中，所描述的功能可以實現在硬體、軟體、韌體或上述之任意組合中。若實現在軟體中，

則可以將該等功能作為一或多個指令或代碼儲存或傳送到電腦可讀取媒體上。電腦可讀取媒體包括電腦儲存媒體和通訊媒體，該通訊媒體包括促進實現將電腦程式從一個位置傳送到另一個位置的任何媒體。儲存媒體可以是能夠由通用或專用電腦存取的任何可用媒體。舉例而言而非限制性地，該電腦可讀取媒體可以包括 RAM、ROM、EEPROM、CD-ROM 或其他光碟儲存器、磁碟儲存器或其他磁儲存設備或者可以用於以指令或資料結構形式攜帶或儲存所需的程式碼構件並且能夠由通用或專用電腦或者通用或專用處理器存取的任何其他媒體。此外，任何連接皆可以適當地稱為電腦可讀取媒體。例如，若使用同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、數位用戶線路（DSL）或諸如紅外、無線電和微波的無線技術來從網站、伺服器或其他遠端源反射軟體，則上述同軸電纜、光纖電纜、雙絞線、DSL 或諸如紅外、無線電和微波的無線技術包含在媒體的定義中。如本文所使用的，磁碟和光碟包括壓縮光碟（CD）、鐳射光碟、光碟、數位多功能光碟（DVD）、軟碟、藍光光碟，其中磁碟通常磁性地再現資料，而光碟利用鐳射光學地再現資料。上述各項的組合亦應當包括在電腦可讀取媒體的範圍內。

提供了本發明的以上描述，以使本領域任何技藝人士能夠實現或使用本發明。對於本領域技藝人士而言，對本發明進行的各種修改皆將是顯而易見的，並且在不脫離本發明的精神或範圍的情況下，本文定義的通用原理可以應用

於其他變型。因此，本發明並不意欲限於本文所描述的實例和設計，而是應當與符合本文揭示的原理和新穎性特徵的最廣範圍相一致。

### 【圖式簡單說明】

經由下文結合附圖闡述的詳細描述，本發明的特徵、屬性和優點將變得更加顯而易見，其中相同的元件符號在全文中進行相應地標識。

圖 1 是概念地圖示根據本發明的一個態樣的空對地通訊系統的實例的方塊圖。

圖 2 是概念地圖示根據本發明的一個態樣的航空器天線系統的實例的示意圖。

圖 3A 是概念地圖示根據本發明的一個態樣的圖 1 中的每個天線元件在無限的地平面上的模擬的增益方向圖對仰角的實例的示意圖。

圖 3B 是概念地圖示根據本發明的一個態樣的圖 1 中的相鄰天線元件的模擬的增益方向圖對方位角以及組合波束的實例的示意圖。

圖 4 是概念地圖示根據本發明的一個態樣的地面站天線陣列系統和航空器天線系統的方塊圖。

圖 5 是概念地圖示根據本發明的一個態樣的地面站天線陣列系統的方塊圖。

圖 6 是概念地圖示根據本發明的另一態樣的地面站天線陣列系統的方塊圖。

圖 7 是圖示根據本發明的一個態樣用於對包括地面站天線陣列系統的空對地雙向通訊系統進行即時校準的過程的流程图。

圖 8 是圖示根據本發明的一個態樣由配備有多波束可切換陣列天線的航空器進行空對地通訊的過程的流程图。

圖 9 是圖示根據本發明的一個態樣用於增加來自服務地面基地台的前向鏈路上的傳輸功率以減輕航空器干擾的過程的流程图。

### 【主要元件符號說明】

|       |           |
|-------|-----------|
| 102   | 地面基地台     |
| 106   | 反向鏈路 (RL) |
| 108   | 前向鏈路      |
| 110   | 另一地面基地台   |
| 120   | 航空器收發機    |
| 200   | 航空器天線陣列系統 |
| 202-1 | 12 波束陣列   |
| 202-N | 12 波束陣列   |
| 210-1 | 天線元件      |
| 210-2 | 天線元件      |
| 210-3 | 天線元件      |
| 210-4 | 天線元件      |
| 210-5 | 天線元件      |
| 210-6 | 天線元件      |

|        |                           |
|--------|---------------------------|
| 210-7  | 天線元件                      |
| 210-8  | 天線元件                      |
| 210-9  | 天線元件                      |
| 210-10 | 天線元件                      |
| 210-11 | 天線元件                      |
| 210-12 | 天線元件                      |
| 300    | 示意圖                       |
| 350    | 示意圖                       |
| 352    | 波束                        |
| 354    | 波束                        |
| 360    | 組合波束                      |
| 412    | 資料來源                      |
| 420    | 處理器                       |
| 430    | 發射 (TX) 多輸入多輸出 (MIMO) 處理器 |
| 432a   | 調制器                       |
| 432t   | 調制器                       |
| 434a   | 天線                        |
| 434t   | 天線                        |
| 436    | MIMO 偵測器                  |
| 438    | 接收處理器                     |
| 439    | 資料槽                       |
| 440    | 處理器                       |
| 442    | 記憶體                       |
| 452a   | 天線                        |

|       |             |
|-------|-------------|
| 452r  | 天線          |
| 454a  | 解調器         |
| 454r  | 解調器         |
| 456   | MIMO 偵測器    |
| 458   | 接收處理器       |
| 460   | 資料槽         |
| 462   | 資料來源        |
| 464   | 處理器         |
| 466   | TX MIMO 處理器 |
| 480   | 控制器/處理器     |
| 482   | 記憶體         |
| 500   | 地面基地台天線陣列系統 |
| 510   | 天線面板        |
| 520   | 陣列          |
| 522-1 | 天線元件        |
| 522-N | 天線元件        |
| 524-1 | 地面站天線陣列元件   |
| 524-M | 地面站天線陣列元件   |
| 530   | 天線面板        |
| 540   | 陣列          |
| 542-1 | 天線元件        |
| 542-N | 天線元件        |
| 544-1 | 天線元件        |
| 544-M | 天線元件        |

|       |           |
|-------|-----------|
| 600   | 地面站天線陣列系統 |
| 602   | 面板        |
| 604   | 面板        |
| 610   | 面板        |
| 612-1 | 天線陣列      |
| 612-N | 天線陣列      |
| 620   | 下一相鄰面板    |
| 630   | 天線面板      |
| 640   | 天線面板      |
| 650   | 天線面板      |
| 650-1 | 天線面板      |
| 650-N | 天線面板      |
| 660   | 天線面板      |
| 670   | 天線面板      |
| 680   | 天線面板      |
| 700   | 即時校準方法    |
| 702   | 過程方塊      |
| 704   | 過程方塊      |
| 706   | 過程方塊      |
| 708   | 過程方塊      |
| 710   | 過程方塊      |
| 800   | 方法        |
| 802   | 過程方塊      |
| 804   | 過程方塊      |

|     |      |
|-----|------|
| 806 | 過程方塊 |
| 808 | 過程方塊 |
| 810 | 過程方塊 |
| 900 | 方法   |
| 902 | 過程方塊 |
| 904 | 過程方塊 |
| 906 | 過程方塊 |

## 七、申請專利範圍：

1. 一種用於一空對地雙向通訊系統的即時校準的方法，包括以下步驟：

從一航空器且在一寬波束上接收前向鏈路校準係數；及當在該空對地雙向通訊系統內且在一窄波束上執行雙向通訊時，作為一通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從該航空器接收的該等前向鏈路校準係數來校準一地面基地台天線陣列。

2. 如請求項 1 之方法，其中校準的步驟包括以下步驟：

在至少一個校準時段期間，按順序地藉由該地面基地台天線陣列中的複數個天線元件中的每一個在該寬波束上發送一扇區寬引導頻信號；

在該至少一個校準時段期間，按順序地藉由一航空器天線陣列中的一天線元件接收一前向鏈路引導頻信號；

解調該等前向鏈路引導頻信號；

計算該航空器天線陣列的該等前向鏈路校準係數，該等前向鏈路校準係數表徵該等所解調的前向鏈路引導頻信號；及

從該航空器接收回應於在該至少一個校準時段期間發送的該扇區寬引導頻信號的該航空器天線陣列的該等前向鏈路校準係數，該等前向鏈路校準係數表徵由該航空器接收的該扇區寬引導頻信號。

2003年6月3日修正替換

3. 如請求項 2 之方法，進一步包括以下步驟：

藉由一地面基地台在該寬波束上在該等天線元件中的至少一個上發送關於該至少一個校準時段的通知。

4. 如請求項 2 之方法，其中該至少一個校準時段包括該空對地雙向通訊系統的一空中介面架構內的一預定時槽。

5. 如請求項 2 之方法，其中該按順序地發送的步驟包括：在多個音調上發送該扇區寬引導頻信號，以確保在寬頻率上進行校準。

6. 如請求項 1 之方法，進一步包括以下步驟：

在至少一個校準時段期間，按順序地藉由複數個天線元件中的每一個接收一反向鏈路引導頻信號；

解調該等反向鏈路引導頻信號；及

計算一航空器天線陣列的反向鏈路校準係數，該等反向鏈路校準係數表徵該等所解調的反向鏈路引導頻信號。

7. 一種用於無線通訊的裝置，包括：

從一航空器且在一寬波束上接收前向鏈路校準係數的構件；及

用於當在一空對地雙向通訊系統內執行雙向通訊時，作為一通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從該航空器接收的該等前向鏈路校準係數來校準一地面基地台天線陣列的

103年6月3日修正替換頁

構件；及

用於在一窄波束上且在該地面基地台天線陣列和該航空器之間進行通訊的構件。

8. 如請求項 7 之裝置，其中該用於校準的構件進一步包括：

用於在至少一個校準時段期間，按順序地藉由該地面基地台天線陣列中的複數個天線元件中的每一個而在該寬波束上發送一扇區寬引導頻信號的構件；

用於在該至少一個校準時段期間，按順序地藉由一航空器天線陣列中的一天線元件接收一前向鏈路引導頻信號的構件；

用於解調該等前向鏈路引導頻信號的構件；

用於計算該航空器天線陣列的前向鏈路校準係數的構件，該等前向鏈路校準係數表徵該等所解調的前向鏈路引導頻信號；及

用於從該航空器接收回應於在該至少一個校準時段期間發送的該扇區寬引導頻信號的該航空器天線陣列的該等前向鏈路校準係數的構件，該等前向鏈路校準係數表徵由該航空器接收的該扇區寬引導頻信號。

9. 如請求項 8 之裝置，進一步包括：

用於藉由一地面基地台在該寬波束上且在該等天線元件中的至少一個上發送關於該至少一個校準時段的通知的

03年6月3日修正替換頁

構件。

10. 如請求項 8 之裝置，其中該至少一個校準時段包括：該空對地雙向通訊系統的一空中介面架構內的一預定時槽。

11. 如請求項 8 之裝置，其中該用於按順序地發送的構件進一步包括：用於在多個音調上發送該扇區寬引導頻信號，以確保在寬頻率上進行校準的構件。

12. 如請求項 7 之裝置，進一步包括：

用於在至少一個校準時段期間，按順序地藉由複數個天線元件中的每一個接收一反向鏈路引導頻信號的構件；

用於解調該反向鏈路引導頻信號的構件；及

用於計算一航空器天線陣列的反向鏈路校準係數的構件，該等反向鏈路校準係數表徵該等所解調的反向鏈路引導頻信號。

13. 一種用於在一無線網路中進行無線通訊的電腦程式產品，包括：

一非暫時性電腦可讀取媒體，該非暫時性電腦可讀取媒體具有記錄在該媒體上的非暫時性程式碼，該程式碼包括：

用於從一航空器且在一寬波束上接收前向鏈路校準係數的程式碼；及

1963年6月3日修正替換頁

用於當在一空對地雙向通訊系統內且在一窄波束上執行雙向通訊時，作為一通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從該航空器接收的該等前向鏈路校準係數來校準一地面基地台天線陣列的程式碼。

14. 一種用於無線通訊的裝置，包括：

一記憶體；及

至少一個處理器，該處理器被耦合到該記憶體，該至少一個處理器被配置為：

從一航空器且在一寬波束上接收前向鏈路校準係數；

當在一空對地雙向通訊系統內且在一窄波束上執行雙向通訊時，作為一通訊訊號傳遞協定的一部分，根據從該航空器接收的該等前向鏈路校準係數來校準一地面基地台天線陣列。

15. 如請求項 14 之裝置，其中該處理器被進一步配置為：

在至少一個校準時段期間，按順序地藉由該地面基地台天線陣列中的複數個天線元件中的每一個而在該寬波束上發送一扇區寬引導頻信號；

在該至少一個校準時段期間，按順序地藉由一航空器天線陣列中的一天線元件接收一前向鏈路引導頻信號；

解調該等前向鏈路引導頻信號；

計算該航空器天線陣列的前向鏈路校準係數，該等前向鏈路校準係數表徵該等所解調的前向鏈路引導頻信號；及

2024年6月3日修正替换第

從該航空器接收回應於在該至少一個校準時段期間發送的該扇區寬引導頻信號的該航空器天線陣列的該等前向鏈路校準係數，該等前向鏈路校準係數表徵由該航空器接收的該等扇區寬引導頻信號。

16. 如請求項 15 之裝置，其中該處理器被進一步配置為：藉由一地面基地台在該寬波束上且在該等天線元件中的至少一個上發送關於該至少一個校準時段的通知。

17. 如請求項 15 之裝置，其中該至少一個校準時段包括該空對地雙向通訊系統的一空中介面架構內的一預定時槽。

18. 如請求項 15 之裝置，其中該處理器被進一步配置為：在多個音調上發送該扇區寬引導頻信號，以確保在寬頻率上進行校準。

19. 如請求項 14 之裝置，其中該處理器被進一步配置為：  
在至少一個校準時段期間，按順序地藉由複數個天線元件中的每一個接收一反向鏈路引導頻信號；  
解調該等反向鏈路引導頻信號；及  
計算一航空器天線陣列的反向鏈路校準係數，該等反向鏈路校準係數表徵該等所解調的反向鏈路引導頻信號。

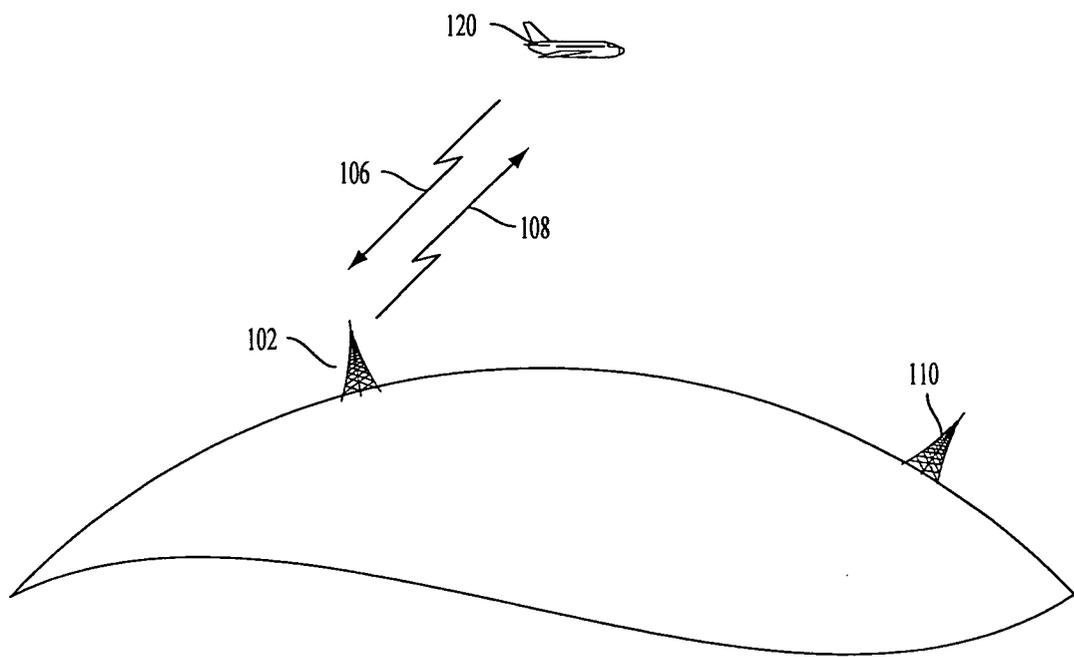


圖 1

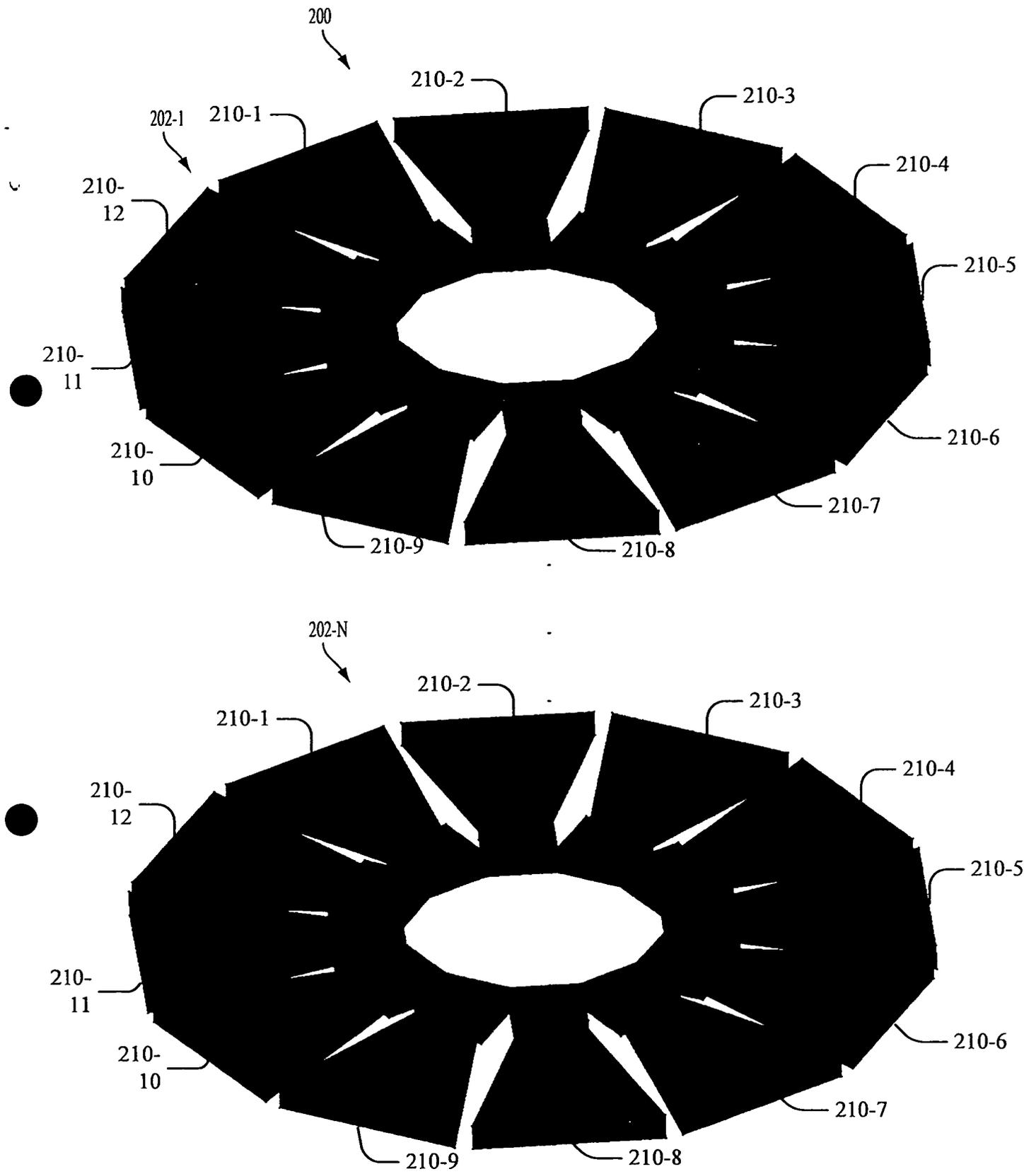


圖 2

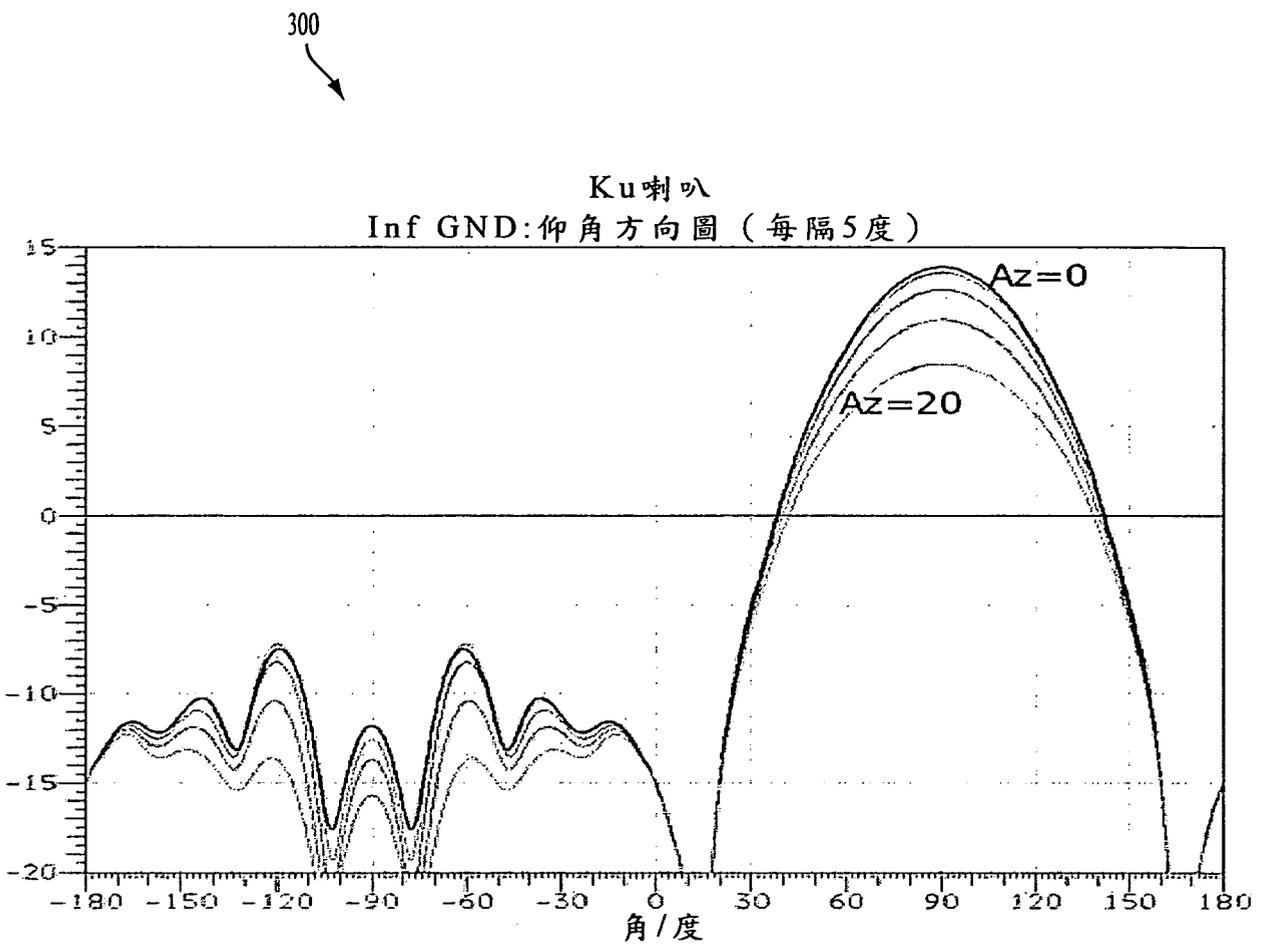


圖3A

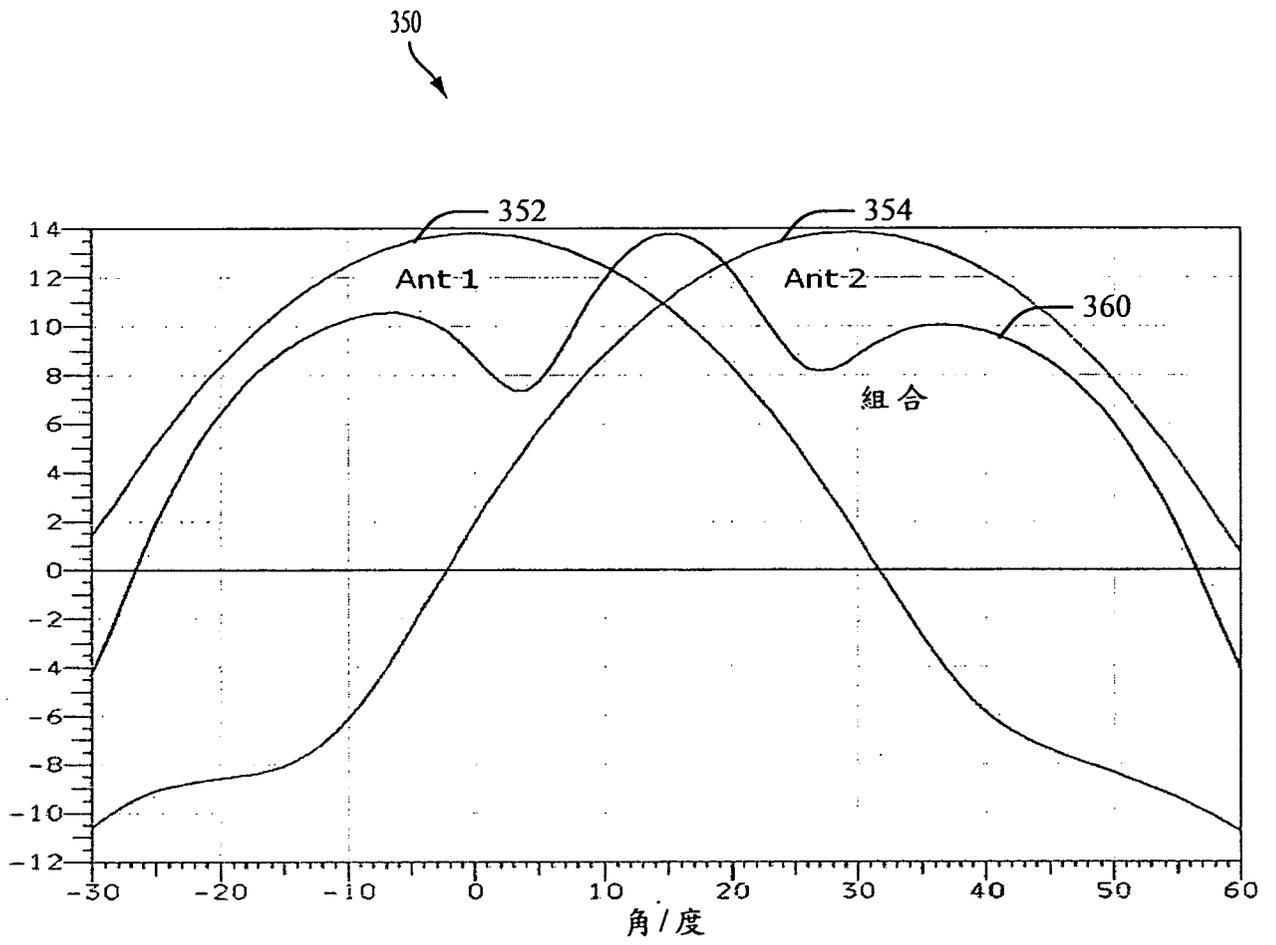


圖3B

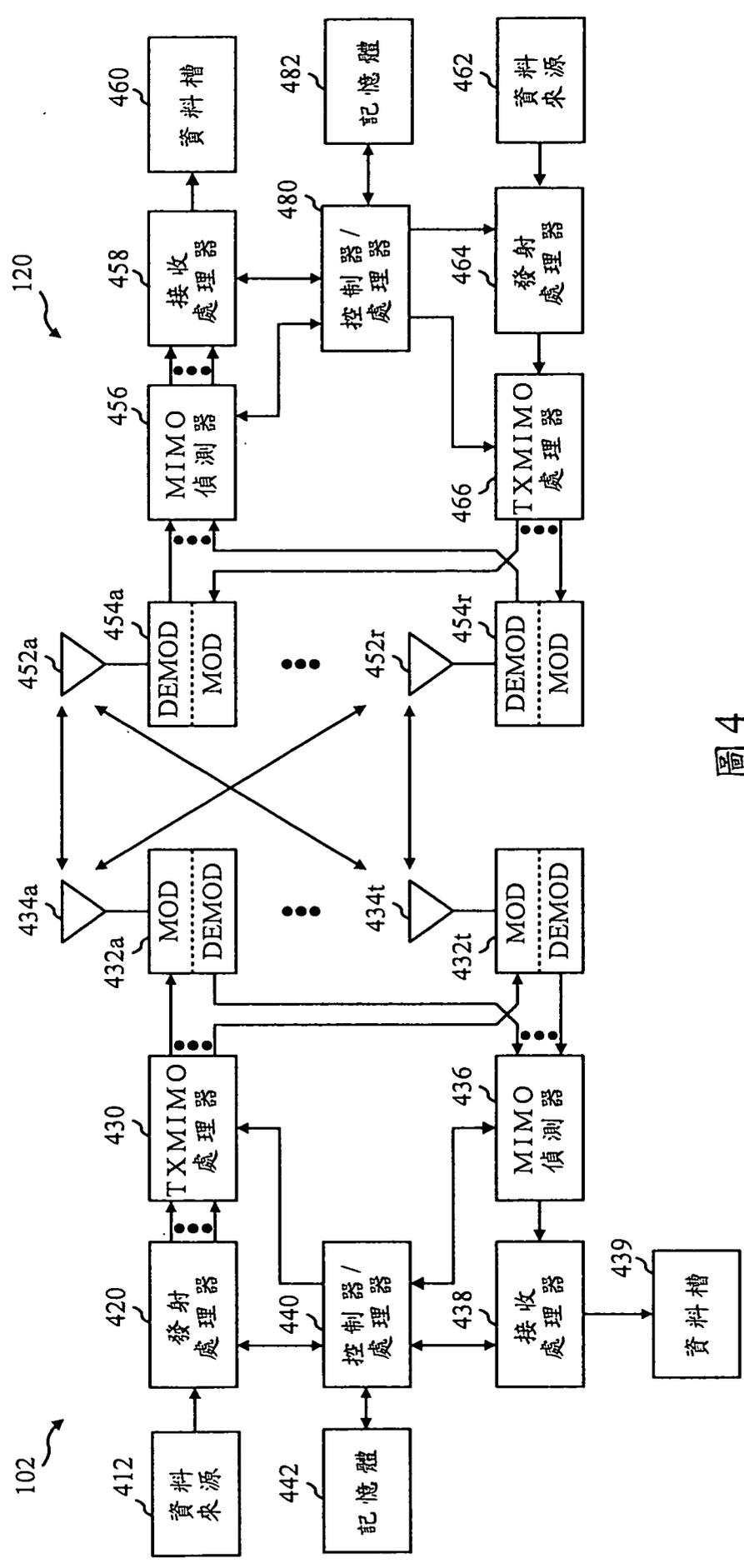


圖 4

500

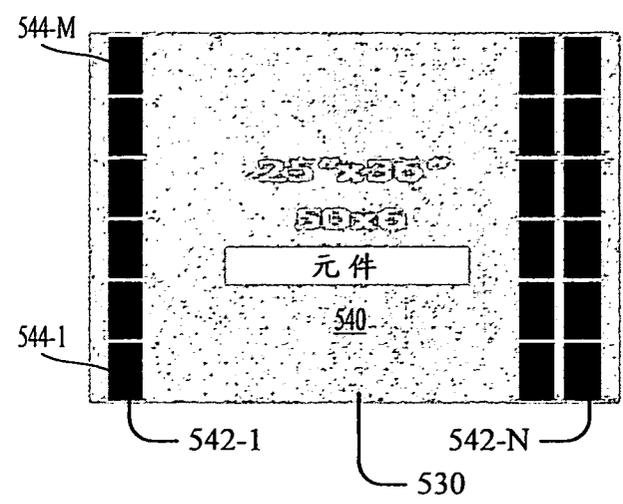
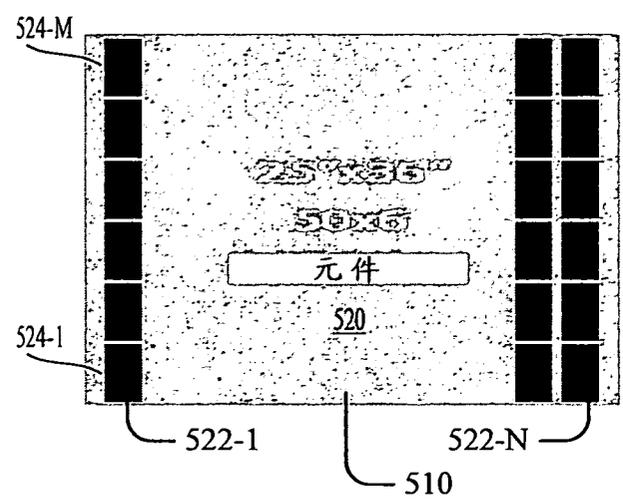


圖 5

600

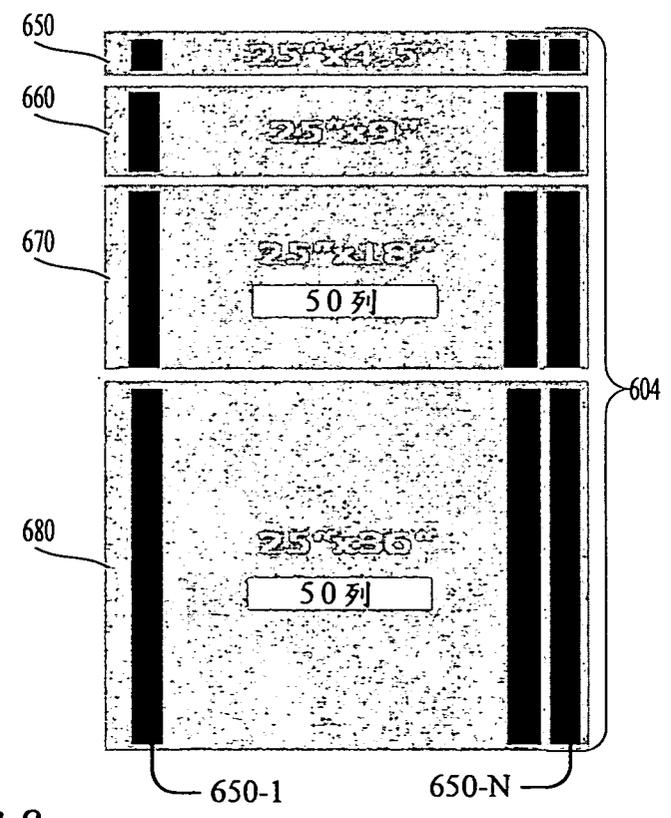
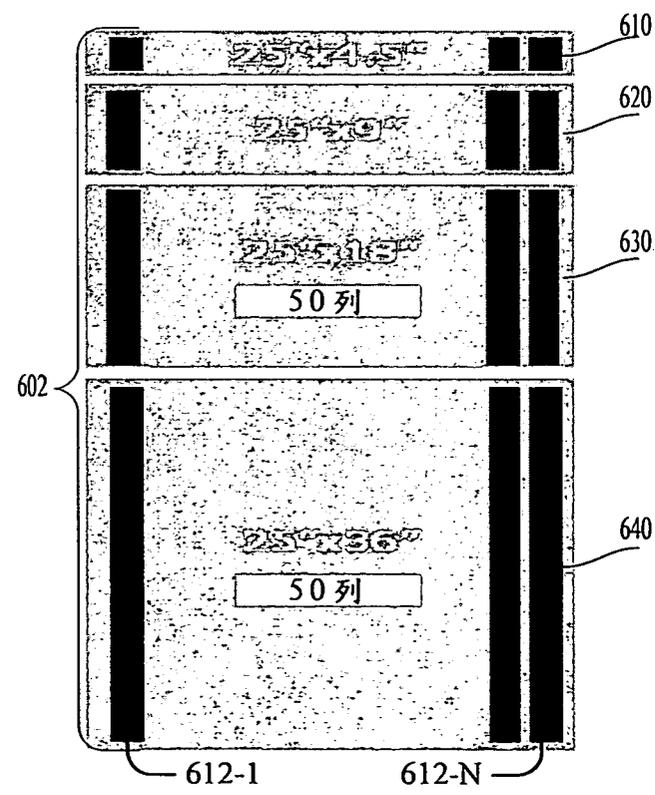


圖 6

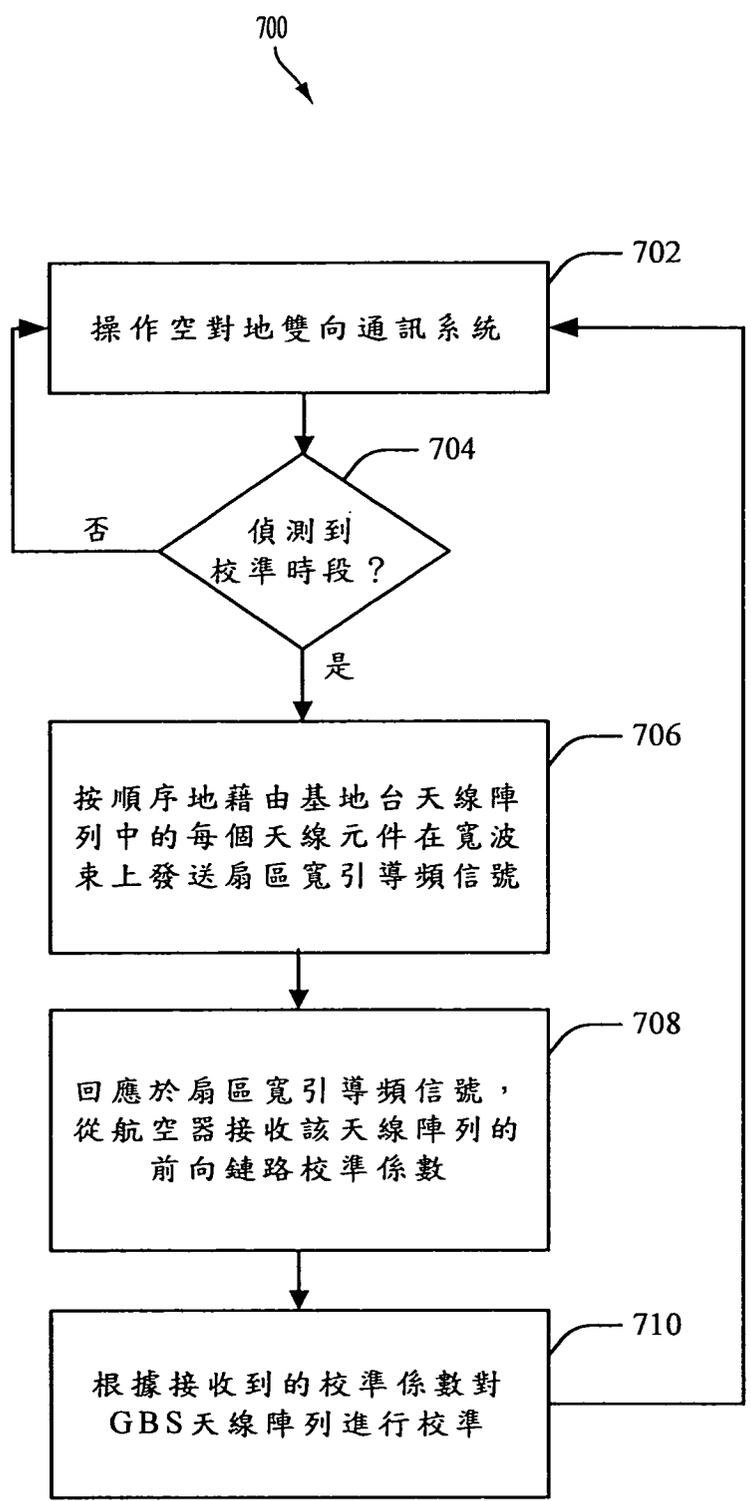


圖 7

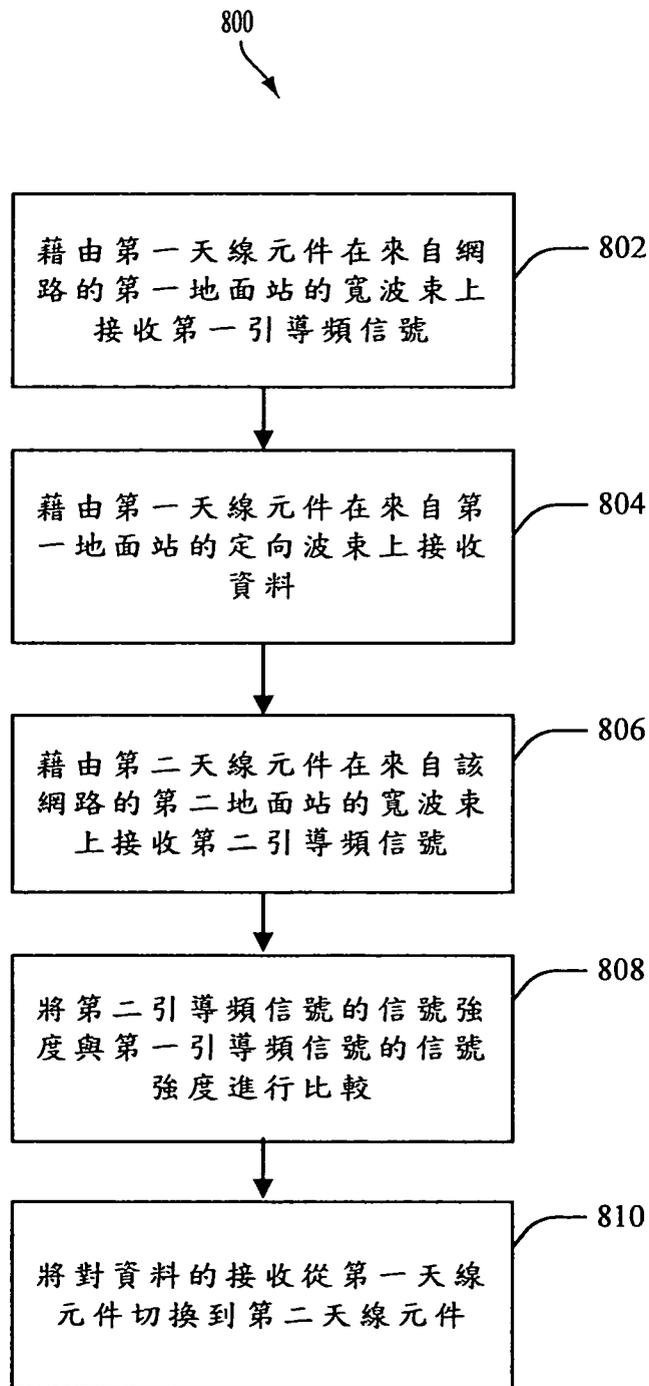


圖 8

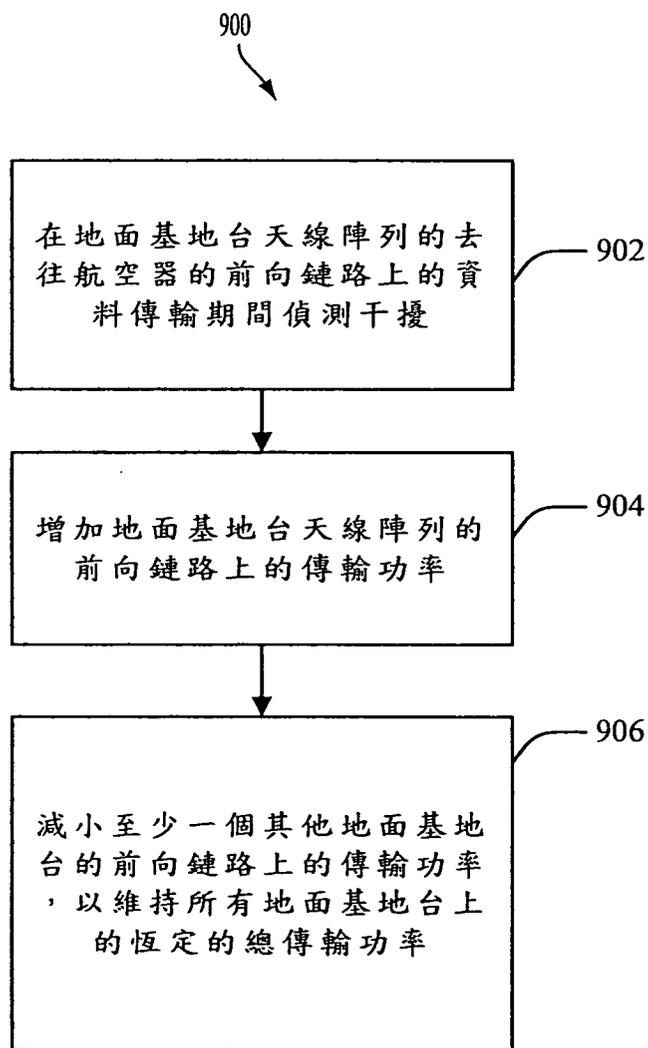


圖9