

公告本
-----

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序及粗體字，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號：93102674

※ 申請日期：93.2.5

※IPC 分類：G01S 5/00

H04R 7/38

## 壹、發明名稱：(中文/英文)

用以在一具有多發射器之無線電系統中定位一行動無線電接收器之方法及系統

A METHOD AND SYSTEM FOR LOCATING A MOBILE RADIO RECEIVER IN A RADIO SYSTEM WITH MULTIPLE TRANSMITTERS

## 貳、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

英商劍橋位置系統有限公司

CAMBRIDGE POSITIONING SYSTEMS LIMITED

代表人：(中文/英文)

彼得 詹姆士 都費-史密斯

DUFFETT-SMITH, PETER JAMES

住居所或營業所地址：(中文/英文)

英國劍橋郡希爾路62-64號

62-64 HILLS ROAD, CAMBRIDGE CB2 1LA, UNITED KINGDOM

國籍：(中文/英文)

英國 UNITED KINGDOM

參、發明人：(共 4 人)

姓 名：(中文/英文)

1. 羅伯 威倫 羅威  
ROWE, ROBERT WILLEM
2. 賓 塔羅  
TARLOW, BEN
3. 克里斯多福 R 卓藍  
DRANE, CHRISTOPHER R.
4. 賽門 大衛 漢  
HERN, SIMON DAVID

住居所地址：(中文/英文)

1. 4. 均英國劍橋郡希爾路62-64號  
62-64 HILLS ROAD CAMBRIDGE CB2 1LA UNITED  
KINGDOM

國 籍：(中文/英文)

- 1.-4. 均英國 UNITED KINGDOM

**肆、聲明事項：**

本案係符合專利法第二十條第一項  第一款但書或  第二款但書規定之期間，其日期為： 年 月 日。

本案申請前已向下列國家(地區)申請專利：

1. 歐洲專利機構；2003年02月05日；03250733.7
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國際優先權(專利法第二十四條)：

【格式請依：受理國家(地區)；申請日；申請案號數 順序註記】

1. 歐洲專利機構；2003年02月05日；03250733.7
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.

主張國內優先權(專利法第二十五條之一)：

【格式請依：申請日；申請案號數 順序註記】

- 1.
- 2.

主張專利法第二十六條微生物：

國內微生物 【格式請依：寄存機構；日期；號碼 順序註記】

國外微生物 【格式請依：寄存國名；機構；日期；號碼 順序註記】

熟習該項技術者易於獲得，不須寄存。

## 玖、發明說明：

### 【發明所屬之技術領域】

本發明係關於多發射器無線電系統，特定言之係關於在一具有複數個發射台，每個發射台均位於一不同地理位置的系統中定位一行動無線電接收器之位置，以便為有關區域提供足夠的無線電涵蓋範圍。

### 【先前技術】

使用複數個發射器來定位無線電接收器之傳統系統使用不同的技術來測量所接收信號的特性，以便求出接收器的位置。此等技術的特徵為時間參考、相位參考或空間參考，或組合此等三種類型之技術。

在時間參考系統中，例如美國海防機構所建立的Loran C系統，無線電發射採取無線電脈衝的形式，可精確地測量該等無線電脈衝到達行動接收器的時間。該接收器係一種特殊類型的接收器，其可決定從該系統中一對發射器之每個發射器接收脈衝之間的時間差異。此資訊定義一連接相等時間差異點之曲線，而該接收器必須位於曲線上。藉由多接收器對之類似測量，進一步使曲線相交可將接收器位置決定為最佳地滿足全部所測量時間差異的曲線交點。

此系統的一擴展形式係全球定位系統(GPS)，其使用從數個時間上同步並亦將其位置發射至該接收器的衛星發射器接收的信號。該接收器參考其內部時間源而測量從每個衛星接收的資料流中一已定義點的到達時間。每次測量可定義該接收器必須位於其上的一球面，並且藉由無線電電

波從該衛星的飛行時間來固定該球面的半徑。使用不同位置之不同衛星來進行類似的測量可建立多個相交的球面。藉由求解與衛星之間的距離以及接收器的時間偏移之聯立方程，可將接收器的位置決定為最佳地滿足全部所測量時間延遲與接收器時脈偏移之球面交點。

使用相位測量之系統可包括 Decca 導航系統以及 Omega 系統。該行動接收器測量從具有相位同步發射之特殊發射器所接收之信號相互之間的相對相位，或關於一內部相位參考相互之間的相對相位。藉由瞭解發射器的位置以及涵蓋區域中所有點處所接收的預測相位，可決定與一組特定相位測量一致的接收器位置。

所有上述系統需要具有專業化接收器的專屬且昂貴的發射器系統。

另一先前技術方法，例如 US-5859612-A 使用所發射信號的定向性質。此點已應用於一使用可識別調變光束之方法，該光束從一已知的起始位置以及起始時間同步掃描一已定義區域。藉由瞭解光束開始其掃描的時間以及已定義調變的接收時間，可將接收器的位置決定為在一來自來源發射器之特定方向之徑向線上。藉由確定同時最佳地滿足所有徑向線方位的點，從多來源進行類似的接收可固定接收器的兩維位置。

具有來自固定天線之狹窄發射圖案的無線電發射之空間固定光束亦可用以決定一接收器的位置。藉由瞭解接收到整體發射圖案之哪個定向圖案，可決定該接收器在一以發

射台為中心的扇區內之位置。藉由搜尋最佳地滿足所有通向發射台之光束方向的點，從多重疊發射器圖案接收狹窄的光束可在空間上類似地固定接收器。

上述系統亦需要專屬的發射器，但此等接收器通常侷限於有關的特定區域。當光束寬度因此接收器的精確方位增加時，系統的精確度會隨之快速降低。該接收器的專業化程度通常小於時間或相位測量接收器，並可與其他功能例如天氣預報接收共享其定位功能。

上述使用來自固定基地發射器台之發射的定向圖案之最後方法可應用於數位無線電蜂巢式系統。在此類系統中，藉由複數個固定的發射與接收台(通常共同定位)來為欲由通信服務所涵蓋的區域提供服務。一單一固定發射器點在其定向天線圖案之一上所涵蓋的區域稱為一扇區或一單元。已將所有單元位置之組合設計成使一大地理區域中之大量行動發射器與接收器處於一連續通信中，且此等固定發射器-接收器之至少一個(伺服基地台)作為行動台沿任意方向移動。此系統中之固定發射器-接收器通常稱為一基地台，並且行動接收器可接收相鄰基地台之發射，因為其天線圖案與伺服基地台的天線圖案重疊。在任何特定情形下，當接收器相對於固定網路移動時，行動接收器用以連接至基礎服務網路的基地台會隨之改變。此程序稱為交遞，其確保行動接收器的通信流量從一基地台流暢地傳遞至另一基地台，從而不會在服務中發生延時。

為實現交遞程序，蜂巢式行動接收器從複數個基地台接

收發射。相關技術顯示基於電信目的而進行的此等發射如何亦可由行動接收器使用，或在與該接收器通信的一處理裝置中使用，以便計算接收器的位置。現在說明此等先前技術方法及其缺點。

如 US-6108553-A 中所述，行動接收器可測量從時間同步基地台接收與由其發射的兩信號之間的相對時間延遲。當取自數對不同的基地台發射時，此等測量形成一組相交的雙曲線。最佳地滿足所有此等曲線之相交的點可預測接收器的位置。

此行動接收器亦可參考其內部時脈而測量從每個基地台所接收的信號，例如參見 WO 97/11384 或 WO 99/21028。然後可將此接收時間與網路內其他外部測量接收器對相同發射所作之測量組合。然後可將所組合的測量資訊組合於手機中或其他廣義計算構件中，以便提供一組以發射器為中心的相交圓。可將手機的位置計算成處於圓的交點。

前述技術需要在網路中的接收器處安裝及維護額外的設備，以實現時序測量，並且亦必須修改手機的正常通信功能，以進行額外的時序測量。

US-5293642-A 中所述之先前技術亦說明使用蜂巢式系統中所應用之無線電電波的空間特性之位置估計技術。在此等系統中，基地台接收器測量由行動台發射器所發射之信號的無線電傳播參數。此等參數可包括信號強度與行進時間。然後使用該等參數以及基地台天線圖案的知識來導出一行動接收器之機率密度函數(以每個基地台為中心)，從

而提供任何位置之預測信號強度。藉由組合此機率密度函數與類似機率密度函數(以其他基地台為中心)，可導出聯合機率密度函數中之最大值，可將該最大值解釋為行動台的最大可能性位置。

在其他先前技術中，例如 US-5613205-A，一行動接收器測量從複數個基地台所接收之控制信號的相對信號強度。然後該系統可計算該接收器與每個基地台之間，與基地台發射功率、接收功率以及從每個基地台至行動接收器之無線電路徑中之信號衰減因數成函數關係的距離。

亦說明了用以定位行動接收器之較簡單系統。此等系統之一採用伺服單元的質心作為手機的位置。另一系統測量相鄰單元的信號強度，並將具有最大信號位準之單元的質心作為接收器位置的最佳指示，如 WO 98/35524 中所述。

此等特定先前技術系統與方法對於估計位置不可靠，因為伺服單元的中心可能不是最近似的接收器位置，而且單元的形狀不確定，並會遭遇反常的傳播狀況。一單一基地台信號之信號位準測量亦可能因類似的原因而出錯。此等技術遭受無線電傳播路徑之高度不可預測的性質以及數學模型之不精確性的影響。特定言之，所估計的功率位準通常不符合簡單高斯分佈，尤其是受到多路徑衰減時。當然，藉由採用一針對位置與信號強度進行校準的行動測試組，可事先決定網路中數個位置處所接收的實際功率。然而，進行此類測量非常昂貴並且耗時，並且未考量實際網路在測量之間可隨時間而改變的性質。



本發明係設計用於克服上述先前技術中之系統的許多不足。特定言之，可僅使用接收器所作的測量以相對較高的精確度來確定一通信網路中行動接收器的位置，而無需在網路中提供額外的設備，亦無需實施信號接收的週期性校準。

### 【發明內容】

根據本發明，會提供一種在包括已知其位置的發射器之一網路之一無線電系統中決定一行動接收器之一或多維位置之方法，該方法包含以下步驟：

- a) 編譯該接收器所偵測的信號之一清單；
- b) 傳送該清單至一計算裝置；
- c) 建構一有關該接收器處於一給定位置之機率的位置函數，該位置函數具有與該清單之每個構件對應的組件，每個組件包括一取決於行動接收器位置之預定機率函數；以及
- d) 評估該位置函數，以決定一與最高位置機率對應的位置，並將該位置定義為行動接收器的位置。

接收器對信號的偵測可包括接收由該網路的一特定發射器所發射的信號以及從信號解碼資訊。該資訊亦包括在所接收之一給定臨界功率以上的信號中之一特定簽章識別，例如同步圖案或一前導碼，或僅為以一特定頻率接收之一給定臨界值以上的信號功率。

接收器所偵測之信號的清單可例如包括解碼資訊，例如發射器識別，或可由接收一給定臨界功率以上之信號的頻

率之清單組成，或可由另一清單之參考的清單組成，該清單為計算裝置所瞭解並且含有關於發射器之資訊。

計算裝置可附著於行動接收器，或其可位於能夠接收由該接收器傳送的清單之任何位置。

該預定機率函數可基於每個發射器與假定處於該位置的接收器之間無線電波的傳播模型，該模型考量諸如發射器功率、發射器天線圖案、行進距離以及信號傳播之可變發射特性(例如衰減)之類的特性。較佳地，預定機率函數與偵測到來自該發射器之信號的機率成正比，因而與該清單之可能構件資格成正比。或者，該預定機率函數可基於從校準點所獲得之偵測導出的試探函數。例如，在實務上可發現，可藉由一種以該區域中間附近位置為中心的兩維高斯函數求偵測到來自該發射器(位於該發射器所涵蓋區域中的一特定點)之信號的機率的近似值。使用此類試探函數可提供非常好的結果，因為其基於實際的測量，而非理論的模型。

如果信號傳播特性較佳，可擴增該清單，或建構一第二清單，以便包括來自未由接收器報告但已被偵測到的信號之資訊。在此等情形下，可修改位置函數以考量該清單中未出現的機率。

位置函數亦可能會受到接收器對每個信號之偵測的可靠性之影響。可靠性之估計可例如與所接收功率位準與偵測臨界值之間的差異成正比，或可為一系列重複測量中偵測到一給定信號的次數之度量。可在從行動接收器傳達的訊

息中發射可靠性度量，作為該清單的一部分或在一分離訊息中。

在某些應用中，接收器在傳送該清單之前對該清單進行排序較為有利。例如，可使用所接收信號功率或前述可靠性度量來進行排序。

數位通信系統經常測量信號從伺服發射器至行動接收器以及從行動接收器至伺服發射器的雙程飛行時間。可使用測量來提前手機發射器所發射之信號的時序，使得信號可在一已知時間到達基地台。當此所謂時序提前值(TA)可用時，其較佳係包括於位置函數中，例如藉由指派該行動接收器處於給定位置的額外機率(給定所測量的值)。

可以數種方式使用位置函數來實施接收器之位置的計算，以便求出與最高機率相對應的位置。較佳地，該位置函數為一「成本函數」，其說明與接收器位置以及清單構件資格成函數關係之機率的倒數的對數。此成本函數的最低數值對應於最有可能提供所測量之偵測信號清單，包括(若可用)未偵測到的信號之清單以及所測量的TA以及該清單之任何報告的排序之位置。可藉由數種熟知通用數學最小化技術之任一種來求出最小值，該等技術包括(a)可操控位置函數以直接提供解的分析方法，(b)通常尋求沿一方向「傾斜向下」移動解的目前估計值以移到更靠近最小點的位置之疊代方法，以及(c)「柵格方法」，其中在一位置柵格之每個點處評估位置函數，並且將與最小值對應的位置取作結果。在很多教科書中說明了此等方法，例如，

William H. Press等人所著的C++數值方法第二版，劍橋大學出版社，第10章第401至429頁。

因此，本發明提供一種藉由在例如一具有數個可接收與可識別無線電發射建立於其內的地理區域內估計其位置而獲得一行動接收器之一或多維位置之方法。該方法不依賴於發射調變類型或內容或時間延遲測量的詳細知識。因此該方法可應用於任何調變類型之任何無線電系統，而無需系統時序之知識。

在一給定位置之行動接收器從該網路中的一或多個發射器接收信號。可被偵測到的發射台稱為「可見」發射台，並可添加到所維持的可見台清單中。接收器的位置會影響其可以看見哪些發射台。根據本發明之一系統亦可維持在位置測量時無法接收到並稱為「不可見」，但已知其存在且活動之發射器的清單。接收器的位置會影響哪些發射基地台不可見。

在任何給定的基地台處，理論上可預測哪些基地台可見，哪些基地台不可見，取決於諸如與發射台的距離、發射器的發射功率以及發射器輻射圖案的偵測之類因素。根據本發明之一實施方案，為可見與不可見清單中的每個發射器指派一「成本」函數。此成本函數說明以下各項之組合，即發射器功率、發射器輻射圖案、發射器離接收器的距離與方位、無線電傳播特性、以及(如果可用)其他特性，例如時序提前或本地佈局資料，其最佳地模擬行動接收器偵測到信號的機率。基於數學上方便考量，會使組合

所有影響發射器之可見性的特性之成本函數與偵測到其信號之機率之對數的負數(即機率的倒數的對數)成正比。因此將一發射器隔離出來之後，當接收器靠近發射器位置並與發射器天線的正向波瓣直接一致時，例如如圖1所示，說明其可見性的成本函數具有一低值。隨著接收器直接移離基地台，或與發射器相隔一固定距離與正向波瓣之方向成一角度切向移動，成本函數逐漸增加。將說明每個發射器之對應的成本函數組合為一和，以給出一總體成本函數，該總體成本函數說明例如圖2所示之發射器的組合式可見性。此總體成本函數的最小值為根據本發明之接收器的位置。

根據本發明，會提供一種行動接收器裝置，該裝置能夠從複數個發射器偵測信號並配置成計算由該行動接收器所接收之信號的一清單以及將該清單(使用中)傳送至一計算裝置。

此外，根據本發明，會提供一種計算裝置用於一行動接收器的位置決定，該計算裝置係配置成：

- a) 接收由一接收器所偵測之信號的一清單，
- b) 建構一有關該接收器處於一給定位置之機率的位置函數，該位置函數具有與該清單之每個構件對應的組件，每個組件包括一取決於行動接收器位置之預定機率函數；以及
- c) 評估該位置函數，以決定一與最高位置機率對應的位置，並將該位置定義為行動接收器的位置。

根據本發明，會提供一種系統，其包含：一行動接收器裝置以及一計算裝置。

該計算裝置可附著於該行動接收器，或其可遠離該行動接收器但與該行動接收器通信。

### 【實施方式】

已根據本發明使用一現有GSM行動電話網路來實施行動接收器定位系統（參見圖3）。該系統300包含複數個當作上述發射器之收發器基地台301、302、303、304；一當作行動接收器之手機310；一位置計算單元(LCU)320；以及一管理資料庫(MDB)330。基地台提供信號發射，該等信號發射係由手機310偵測到並使用下述數學演算法在LCU 320中處理。

手機310從數個附近基地台301至304偵測信號，編譯所偵測信號之一清單，並透過鏈路340經由一訊息將該清單傳送至伺服基地台304。圖4中之401顯示該訊息之格式與內容。其係由GSM標準定義並包括下列欄位：廣播控制通道(BCCH)、基地台識別碼(BSIC)、行動網路碼(MNC)、行動國家碼(MCC)、單元識別項(CI)、本地區域碼(LAC)、所採取測量的次數N，以及測量品質指示器Q。對於其偵測到的每個基地台信號，訊息401包括部分或全部此等欄位。按所接收信號之功率位準排序「相鄰單元」資訊，即與該基地台而非手機藉以雙向通信的伺服基地台對應之資料。通信鏈路340與341可用作電話系統之一部分。

可將額外資料從一管理資料庫330供應至LCU 320，該等

額外資料包括固定基地台的識別(CI、BSIC等)以及位置，固定基地台的對應天線圖案及其發射器功率。此等資料可用作管理系統資料庫330中所含有之標準網路組態的一部分，並係藉由鏈路350傳達至LCU。LCU 320使用訊息401來建立可見基地台之清單402。該表顯示基地台識別項、與偵測相關聯之品質值、發射天線圖案類型、發射器天線之主波瓣之指示方向、指示所偵測到的信號是否來自伺服基地台(S)或來自相鄰基地台(N)之旗標，以及基地台之位置。

LCU 320亦使用管理資訊來產生已知在該系統中活動但不存在於可見基地台之清單402中之基地台的清單403。

手機310係與其伺服基地台304進行時間同步通信，且亦會經由鏈路341在另一訊息中將TA值從網路傳達至LCU 320(圖3與圖4中未顯示)。

為決定手機310的位置，LCU 320需使用可見基地台清單402與不可見基地台清單403、以及與伺服基地台相關聯之TA值來建構一說明手機處於GSM網路內一給定水平位置之機率的函數(給定TA值以及可見與不可見清單的構件資格)。返回對應於最大機率之位置作為手機的位置。

現在說明該特定具體實施例中所涉及的計算。

為決定手機的位置，LCU 320求出使以下函數最小化之位置

$$C_{TOT} = C_{TA} + C_V + C_N, \quad (1)$$

其中 $C_{TOT}$ 係其最小值指示手機之最可能位置的函數， $C_{TA}$

係與時序提前測量相關聯之函數， $C_V$ 係與可見清單中的基地台相關聯之函數，以及 $C_N$ 係與不可見清單中之基地台相關聯之函數。

函數 $C_V$ 與 $C_N$ 皆係作為所有 $N$ 個基地台之和而類似地評估為：

$$C = -\sum_{n=1}^N \log_e(P_n), \quad (2)$$

其中 $P_n$ 係第 $n$ 個基地台係可見的機率（在 $C_V$ 之情形下）。有兩種計算此值之較佳方式，即高斯版本與功率版本，如下所述。

### 高斯版本

在此版本中，藉由高斯機率分佈來模擬手機偵測到來自發射器之信號的機率。以基地台為中心建立一兩維笛卡爾座標系統，其中 $x$ 軸沿著發射天線之正向波瓣方向定向。高斯分佈係以 $x$ 軸上的位置 $(x_0, 0)$ 為中心。向量位置 $x$ 處之手機偵測到來自位置 $(0, 0)$ 處之發射器之信號的機率 $P$ 係由下式給定：

$$P(x) = \exp\left(-\frac{1}{2}(x-x_0)^T \cdot A \cdot (x-x_0)\right), \quad (3)$$

其中 $x = \begin{bmatrix} x \\ y \end{bmatrix}$ ， $x_0 = \begin{bmatrix} x_0 \\ 0 \end{bmatrix}$ ， $A = \begin{bmatrix} 1/\sigma_x^2 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_y^2 \end{bmatrix}$ ， $x$ 與 $y$ 係接收器的座標，

並且 $( )^T$ 表示括號內矩陣的轉置。亦即，該分佈在 $x$ 軸上的位置 $x_0$ 處具有其峰值，並且沿 $x$ 方向具有一標準差 $\sigma_x$ ，而沿 $y$ 方向具有一標準差 $\sigma_y$ ，且無共變異項。

配合一與 $P(x, y)$ 之對數的負數成正比之成本函數 $f(x, y)$



較為方便，即：

$$f(x,y)=-2\log_e P(x,y)。(4)$$

上述  $f(x,y)$  的定義使用與一特定基地台之位置與方位有關之座標。當將可見清單中所有單元之分佈組合時，使用一參考座標系統較為方便，該參考座標系統在靠近手機之預期位置的某處具有任意原點並且其中  $x$  軸朝東對齊， $y$  軸朝北對齊，從而必須對和式中的每一項應用一座標轉換。如果基地台  $k$  具有與參考座標以及從東方逆時針以弧度測量的方位  $\phi_k$  有關的位置  $(x_k, y_k)$ ，則該基地台對成本函數的貢獻將等於：

$$f(x_k, y_k) = (x - z_0)^T \cdot B \cdot (x - z_0), (5)$$

其中，

$$z_0 = \begin{bmatrix} x_k \\ y_k \end{bmatrix} + R^T \cdot \begin{bmatrix} x_0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad B = R^T \cdot \begin{bmatrix} 1/\sigma_x^2 & 0 \\ 0 & 1/\sigma_y^2 \end{bmatrix} \cdot R, \quad \text{及} \quad R = \begin{bmatrix} \cos\phi_k & \sin\phi_k \\ -\sin\phi_k & \cos\phi_k \end{bmatrix}。$$

參數  $x_0$ 、 $\sigma_x$  與  $\sigma_y$  視單元不同而變化，並且可使用試探法予以導出。在本發明的一實施方案中，會使用橫跨網路的許多已知位置處所作測量的結果來求出當使用本方法重新計算位置時提供最低總體誤差的值。一旦以此方式加以校準，便可使用該方法來定位未知位置處的手機。

形式為  $f(x_k, y_k)$  的函數之加法公式使得：

$$(x - z_1)^T \cdot B_1 \cdot (x - z_1) + (x - z_2)^T \cdot B_2 \cdot (x - z_2) = (x - z_R)^T \cdot B_R \cdot (x - z_R) + e,$$

(6)

其中  $B_R = B_1 + B_2$  以及  $z_R = B_R^{-1} \cdot (B_1 \cdot z_1 + B_2 \cdot z_2)$ 。項  $e$  為一常數，因此為無關項，因為我們僅對函數最小值的位置而非函數的絕

對值感興趣。在最小點處，函數的梯度為零。因為常數的梯度總是為零，故項 $e$ 不作貢獻。

據此，顯然，所有基地台的總成本函數 $C$ 可簡化為一如下形式的簡單表達式：

$$C = (\mathbf{x} - \mathbf{z}_s)^T \cdot \mathbf{B}_s \cdot (\mathbf{x} - \mathbf{z}_s) \quad (7)$$

其中 $\mathbf{z}_s$ 與 $\mathbf{B}_s$ 的值係藉由重複使用等式6而自可見清單中所有基地台的位置與方位導出。函數 $C$ 在 $\mathbf{x} = \mathbf{z}_s$ 的點處具有一唯一的最小值，因此在此情形中無需透過使用一疊代數值技術來實行一最小化。

### 功率版本

為使用此方法計算 $P$ ，首先需要求出手機從一給定基地台所接收之平均功率。此處使用平均值，從而無需考量手機接收器的天線圖案，該圖案在實際使用中會指向任意方向。如果手機與基地台相隔一距離 $r$ ，並且與發射器主波瓣軸成一方位角 $\theta$ ，則手機所接收之平均信號功率由下式給定：

$$R(r, \theta) = G(\theta) W_0 \gamma r^{-\beta}, \quad (8)$$

其中 $R(r, \theta)$ 係平均接收信號功率， $G(\theta)$ 係發射器天線增益， $W_0$ 係所發射功率， $\gamma$ 係一對數常態隨機變數(見下文)，以及 $\beta$ 為功率損耗的指數。假定手機具有一全向天線圖案，此點在實務上無論如何都是不真實的，但係用於平均的良好模型。對數常態變數表示無線電路徑(見下文)之信號功率特性之可變性。

對等式(8)兩側取對數可產生：

$$\log_e(R(r, \theta)) = \log_e(G(\theta)) + \log_e W_0 + \log_e \gamma - \beta \log_e r. \quad (9)$$

對數常態變數可模擬為：

$$\gamma = \gamma_0 e^m, \quad (10)$$

其中  $\gamma_0$  係中值，而  $m$  係一變異數為  $\sigma^2$  之常態分佈隨機變數。

將等式10代入等式9，得到：

$$\log_e(R(r, \theta)) = \log_e(G(\theta)) + \log_e W_0 + \log_e \gamma_0 + m - \beta \log_e r. \quad (11)$$

如以下段落所解釋，此式指示所接收功率位準的對數係一高斯分佈變數，其機率密度函數(PDF)如下：

$$\text{PDF}(\log_e R) = (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \exp[-(\log_e R - \bar{L})^2 / (2\sigma^2)], \quad (12)$$

其中  $\bar{L} = \log_e(G(\theta)) + \log_e W_0 + \log_e \gamma_0 - \beta \log_e r$ 。

手機偵測到一基地台，並且如果所接收功率位準高於最小可偵測信號功率  $R_{\min}$ ，則將該基地台列為「可見」。圖5概略地描述此點。該曲線圖顯示所接收功率之對數  $\log R$  相對於與基地台發射器之間距離的對數  $\log r$  而繪製，兩者分別在軸500與501上，並且結果為一直線502。標記A所示之一範例點與線503所示之發射器相隔一距離，該點具有線504所給定之一預測接收功率。當在與發射器相隔相同距離處多次測量所接收功率時，實務上可發現結果會變化，一般而言遵循曲線505所示之機率分佈。此係一對數曲線圖上的常態分佈，因此藉由對數常態變數  $\gamma$  可最佳地說明此可變性，如前所述。

線 506 係可由接收器偵測到的最小接收功率  $R_{\min}$ 。因此，藉由曲線 505 下方、臨界線 506 上方的面積給定在點 A 偵測到信號的機率  $P$ 。數學上此係由以下整數給定：

$$P = \log_e R > \log_e R_{\min} \text{ 之機率, } \quad (13)$$

即

$$P = \int_{\log_e R_{\min}}^{\infty} (2\pi\sigma^2)^{-1/2} \exp[-(\log_e R - \bar{L})^2 / (2\sigma^2)] d(\log_e R) \quad (14)$$

此類整數與「誤差函數」Erf 有關是廣為人知的(例如參見 William H. Press 等人所著之 C++ 數值方法，劍橋大學出版社，第 6 章，第 225 頁)。因此， $P$  係由

$$P = (1 + \text{Erf}((\bar{L} - \log_e R_{\min}) / \sqrt{2}\sigma)) / 2 \text{ 給定。} \quad (15)$$

正如前述高斯版本，使用一「成本」函數  $C$  (其為  $P$  的負對數) 在數學上較為方便，即：

$$C = -\log_e(P) \quad (16)$$

此函數在機率最大的位置具有一最小值。圖 1 中在假定天線圖案  $G(\theta)$  係  $-\cos^2 \theta$  函數的條件下繪製此成本函數。 $x$  與  $y$  水平軸係有關基地台位置之位置軸。垂直軸係 0 (低成本) 至 10 (高成本) 之任意刻度上所示的成本函數值。

圖 1 中所繪製表面具有數個不同的特徵。第一特徵為，在發射器基地台位置周圍有一低中心區域 101，在該區域中，被接收器偵測到的成本係一最小值。此係因為該處的功率位準很高，以致即使通道衰減變化的程度非比尋常，所接收功率位準仍在最小值以上。第二特徵為，沿天線零

方向有一高成本103。

當將此分析擴展成包括來自所有BTS的所有信號並組合成一單一成本函數時，該形狀類似於圖2所示之形狀。此圖式中的軸以手機的位置202為中心。

在該較佳具體實施例中，與時序提前測量相關聯之對應成本函數 $C_{TA}$ 係如圖6中概略性顯示。此圖式描述一基地台601之一視圖以及時序提前距離602之一圖形表示，理想言之，該距離可由所測量的TA值乘以無線電波的速度而計算得到。實務上，在一GSM系統中，藉由測量方法將一特定徑向距離602處所測量之報告的TA值量化成約550公尺或半個GSM「位元」之單位。此點表示與基地台之間的徑向距離602( $D_{TA}$ )平均具有一加/減四分之一位元等效距離誤差，如同心圓603所示。如圖所示，應用於特定具體實施例之成本函數604至606係疊置於此示意圖上。總之，任何比所測量TA距離更靠近基地台四分之一位元的位置( $D_{TA}-225m$ )被賦予一與相對於此位置之差異成正比之成本值604。所測量之距離加/減四分之一位元之模糊頻帶內的位置被賦予一零成本值605。進一步超出TA距離之外四分之一位元的位置( $D_{TA}+225m$ )被賦予一與相對於此位置之差異的平方成正比之值606。

在該較佳具體實施例中，可如下求出所組合成本函數 $C_{TOT}$ 的最小值。將該等基地台位置投影於一水平平面上，並且識別在此所有基地台的共同水平平面上沿二水平方向形成一相等距離柵格的點。圖7中概略性顯示此點，其中

如圖所示之柵格700疊置於所有基地台的共同水平平面上。在該平面上識別一範例點701。在每個此等柵格點處評估總成本函數 $C_{TOT}$ ，並且求出對應於 $C_{TOT}$ 之最低值的點。在圖7中，將此點顯示為一範例點701。然後將此點取作間隔702之十分之一之另一柵格點方形陣列之中心。在此子柵格之每個點處再次評估 $C_{TOT}$ ，並且求出最小值。然後將此點用作評估 $C_{TOT}$ 之另一組柵格點之中心，依此類推，直至子柵格間隔等於10 m為止。將對應於 $C_{TOT}$ 之最低值的點用作行動接收器之位置的估計。

根據以上就「高斯版本」與「功率版本」所述之特定具體實施例之試驗已在數個GSM網路中進行實施。例如，在其中一個試驗中已使用高斯版本。總共會選擇319個隨機分散於測試區域上的測試點，並且在每個點處將根據本發明所測量之手機位置與藉由更精確的方式所測量之真實位置(「地面真相」)進行比較。結果顯示，有三分之二的位在220 m的地面真相內，且有二十分之十九的位置在380 m內。

#### 【圖式簡單說明】

圖1說明與單一發射器相關聯之位置函數(「成本」)之一範例性曲線圖。

圖2說明與多發射器相關聯之位置函數(「成本」)之一範例性曲線圖。

圖3說明一範例性多發射器系統。

圖4說明所偵測到的、手機所傳送之信號的一範例性清

單，以及在位置計算單元處所保持之可見與不可見信號的清單範例。

圖5說明所接收功率隨著離發射器之距離之變化。

圖6說明一範例性固定發射器以及與時序提前相關聯之位置函數組件之曲線圖。

圖7說明一計算柵格。

#### 【圖式代表符號說明】

- 101 低中心區域
- 103 高成本
- 202 手機的位置
- 300 行動接收器定位系統
- 301 收發器基地台
- 302 收發器基地台
- 303 收發器基地台
- 304 收發器基地台
- 310 手機
- 320 位置計算單元
- 330 管理資料庫
- 340 鏈路
- 341 鏈路
- 350 鏈路
- 401 訊息
- 402 清單
- 403 清單

- 500 軸
- 501 軸
- 502 直線
- 503 線
- 504 線
- 505 曲線
- 506 臨界線
- 601 基地台
- 602 時序提前距離
- 603 同心圓
- 604 成本函數
- 605 成本函數
- 606 成本函數
- 700 柵格
- 701 範例點
- 702 間隔



## 伍、中文發明摘要：

本發明揭示一種決定一行動接收器之位置的方法。該方法在一無線電系統內一或多維地運作，該無線電系統包括已知其位置的發射器之一網路。該方法包含以下步驟：編譯一由該接收器所偵測之信號的清單；傳送該清單至一計算裝置；建構一有關該接收器處於一給定位置之機率的位位置函數，該位置函數具有與該清單之每個構件對應的組件，每個組件包括一取決於行動接收器位置之預定機率函數；以及評估該位置函數以決定一對應於最高位置機率之位置，以及定義該位置為該行動接收器的位置。

## 陸、英文發明摘要：

A method of determining the location of a mobile receiver is provided. The method works within a radio system in one or more dimensions, the radio system includes a network of transmitters the positions of which are known. The method comprises the steps of: compiling a list of the signals detected by the receiver; sending said list to a calculation device; constructing a position function which relates to the probability that the receiver is at a given location, which position function has components corresponding to each member of the list, each component including a predetermined probability function that depends on mobile receiver position; and evaluating said position function to determine a position that corresponds to the highest probability of location, and defining that position to be the location of the mobile receiver.

拾壹、圖式：

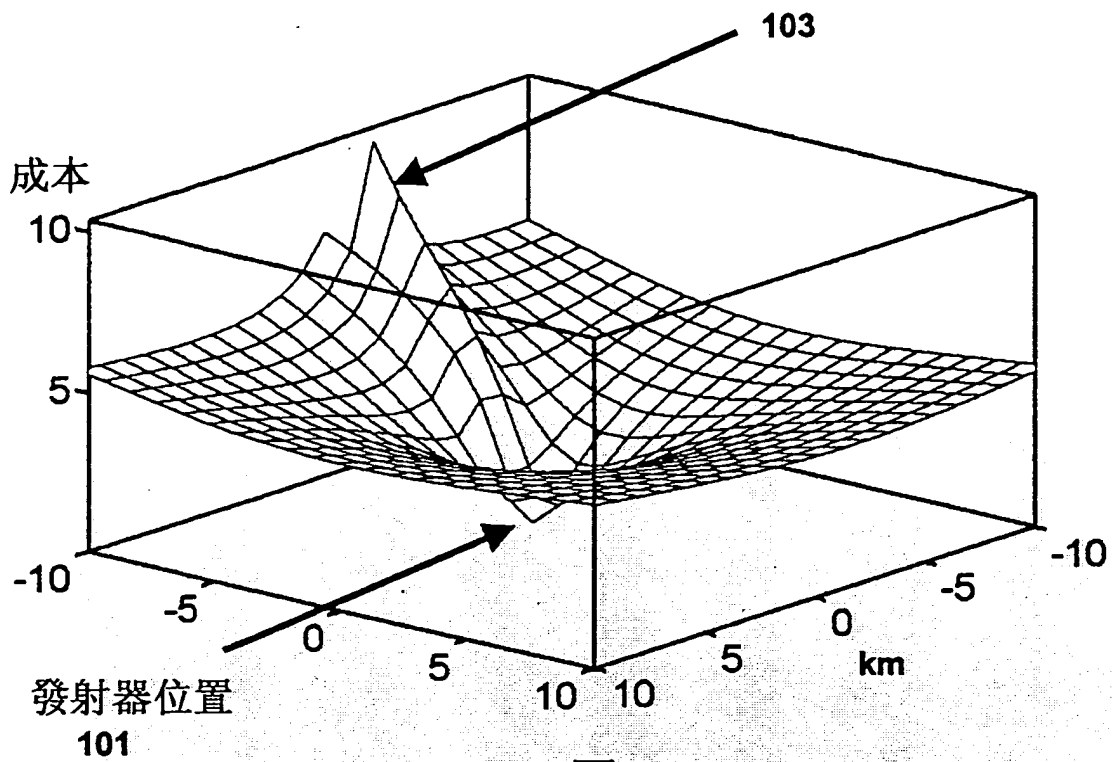


圖 1

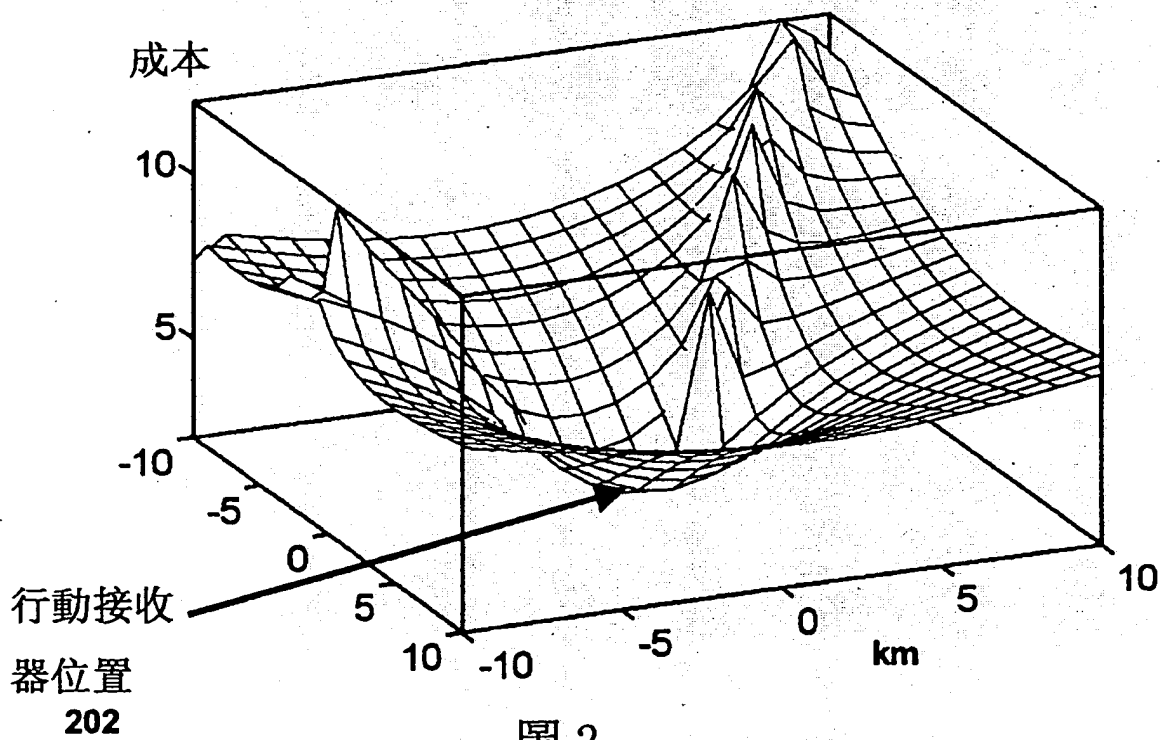


圖 2

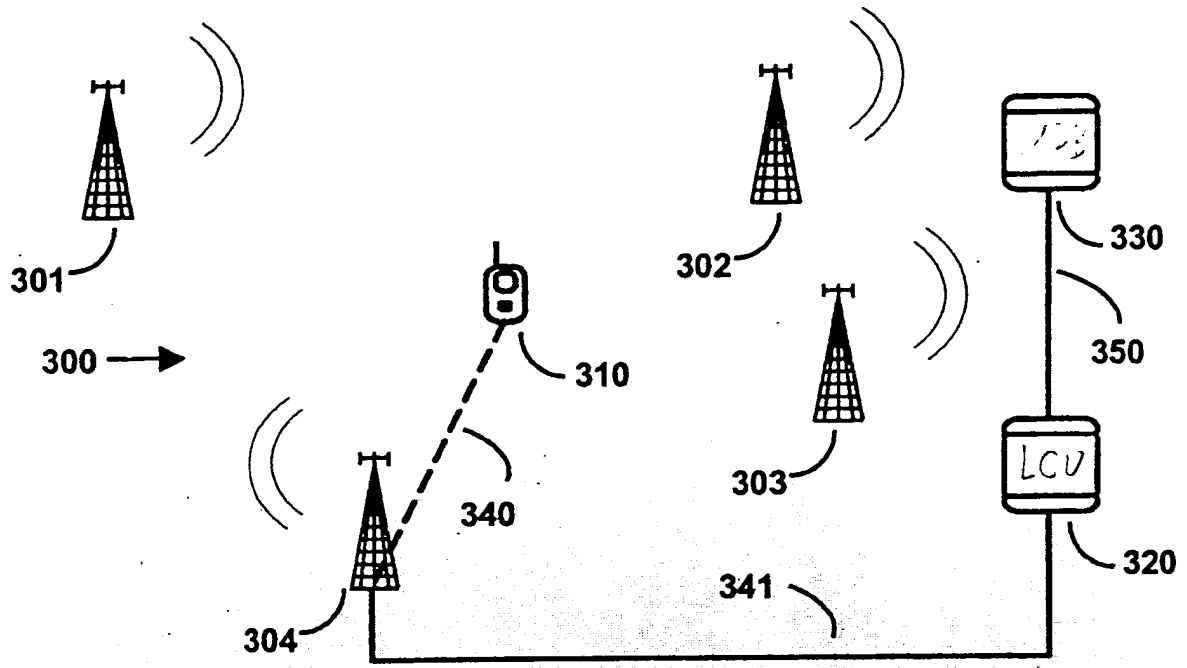


圖 3

伺服單元

相鄰單元

401

BCCH BSIC MNC MCC CI LAC ..... BCCH BSIC N Q .....

可見清單						
基地台	Q	天線圖案	主波瓣	類型	經度	緯度
304	20	A	0	S	long 1	lat 1
302	10	B	120	N	long 2	lat 2
301	12	A	270	N	long 3	lat 3
303	15	C	90	N	long 4	lat 4

402

不可見清單				
基地台	天線圖案	主波瓣	經度	緯度
305	C	180	long 5	lat 5
307	D	240	long 6	lat 6
308	B	90	long 7	lat 7
309	A	0	long 8	lat 8

403

圖 4

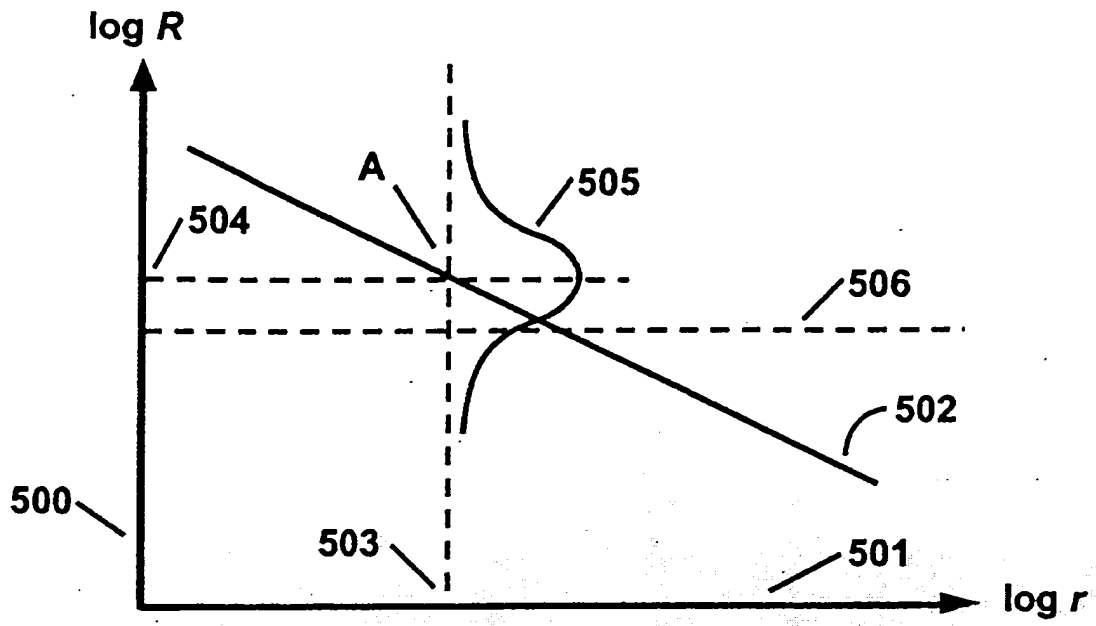


圖 5

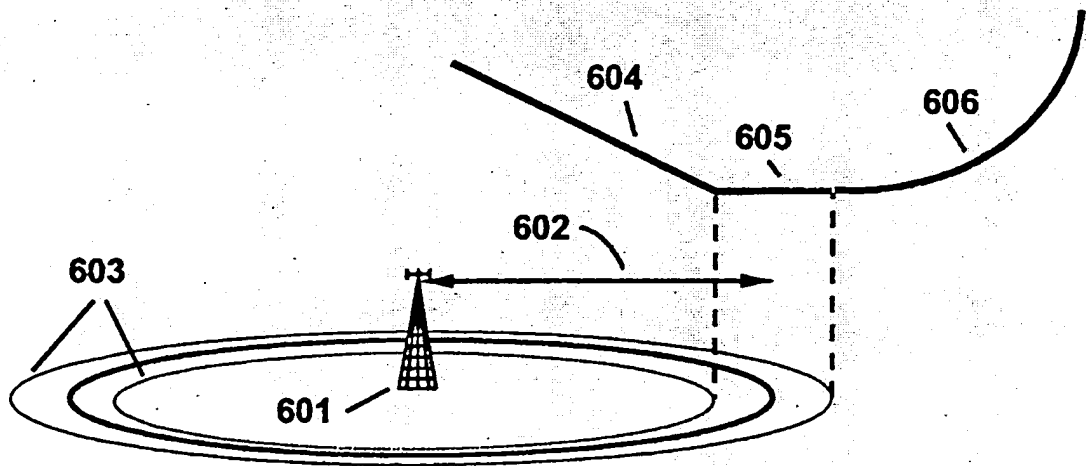
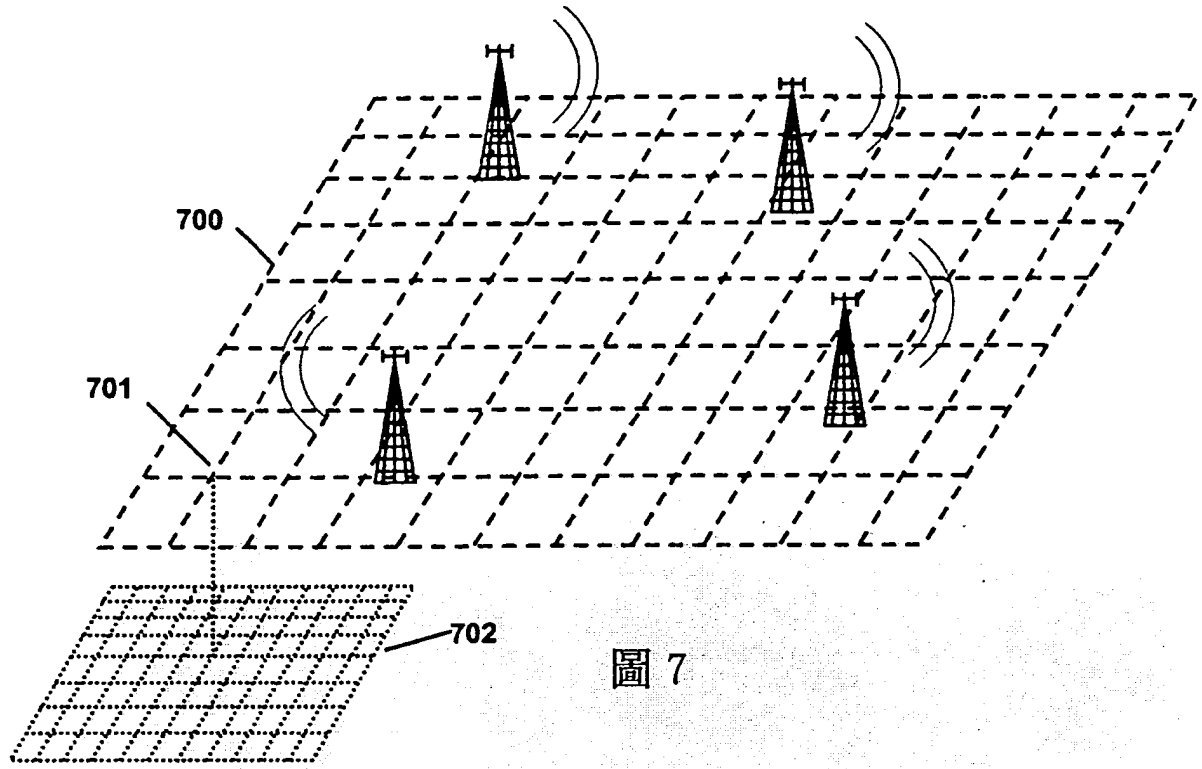


圖 6



**柒、指定代表圖：**

(一)本案指定代表圖為：第(3)圖。

(二)本代表圖之元件代表符號簡單說明：

300 行動接收器定位系統

301 收發器基地台

302 收發器基地台

303 收發器基地台

304 收發器基地台

310 手機

320 位置計算單元

330 管理資料庫

340 鏈路

341 鏈路

350 鏈路

**捌、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：**

(無)

## 拾、申請專利範圍：

1. 一種在包括已知其位置之發射器之一網路之一無線電系統中決定一行動接收器之一或多維位置之方法，該方法包含以下步驟：
  - a) 偵測由該行動接收器自發射器所接收的信號，該發射器在該網路中為可見，其中可見信號超過預定功率位準，其可以包括來自非伺服發射器及伺服發射器之信號，該偵測包含解碼從每一所接收到的超過該預定功率位準的該信號之資訊，該網路中與相對應之一該發射器之識別碼相關；
  - b) 在該行動接收器中，編譯一僅有該可見發射器之清單，該可見發射器包含與該相對應之發射器之識別碼相關之資訊；
  - c) 傳送該清單至一計算裝置；
  - d) 建構一有關該接收器處於一給定位置之機率的位址函數且該位址函數具有與該可見發射器清單之每個發射器對應的組件，每個組件包括一預定機率函數，其相關於該接收器處於在該清單中給定該發射器之一特定位置之機率；以及
  - e) 評估該位址函數，以決定一與最高位置機率對應的位址，並將該位址定義為該行動接收器的位址。
2. 如申請專利範圍第1項之方法，其包括偵測該信號中之一特定簽章。
3. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該信號清單包括一



接收該等信號之頻率之清單。

4. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該清單含有一參考清單，每個參考表示該計算裝置所維持的個別發射器資訊。
5. 如申請專利範圍第1之方法，其中該預定機率函數係基於一用於每個發射器與該接收器之間之無線電波的傳播模型。
6. 如申請專利範圍第5項之方法，其中該傳播模型係基於該發射器功率、發射器天線圖案、行進距離、該接收器相對於該發射器之方位、無線電信號傳播之可變發射特性、時序提前或本地地形資料之任一項或全部。
7. 如申請專利範圍第1之方法，其中該預定機率函數係一高斯函數，且其原點處於一離該發射器的預定義點。
8. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該預定機率函數係基於一從校準點處所獲得之偵測之機率所導出之試探函數。
9. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該預定機率函數係與偵測到來自一發射器的信號之機率成正比。
10. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該位置函數為一成本函數，其最低數值處於最大機率之位置。
11. 如申請專利範圍第10項之方法，其中該成本函數係與該預定機率函數之對數的負數成正比。
12. 如申請專利範圍第1項之方法，其中在該計算裝置中建立未由該行動接收器偵測到之發射器信號的資訊之另

99年2月1日修(更)正替換頁

一清單。

13. 如申請專利範圍第1或4項之方法，其中修改該位置函數以考量未由該行動接收器偵測到之信號之清單。
14. 如申請專利範圍第1項之方法，其中該時序提前係包括於該位置函數中。
15. 如申請專利範圍第1項之方法，其中修改位置函數以考量該接收器對每個該等信號之偵測的可靠性。
16. 如申請專利範圍第15項之方法，其中該可靠性測量係取決於該所接收功率與該偵測臨界之間的差異。
17. 如申請專利範圍第15項之方法，其中該可靠性測量包括已偵測到該信號的次數。
18. 如申請專利範圍第1項之方法，其中排序從該接收器傳送至該計算裝置之該清單。
19. 如申請專利範圍第18項之方法，其中根據該行動接收器所接收之功率來排序從該接收器傳送至該計算裝置之該清單。
20. 如申請專利範圍第18項之方法，其中根據信號接收的可靠性來排序從該行動接收器傳送至該計算裝置之該清單。
21. 如申請專利範圍第16項之方法，其中該可靠性測量包括已偵測到該信號的次數。
22. 一種行動接收器裝置，其可偵測來自一網路中之複數個發射器之若干信號，該等信號之位置已被知悉，並包含一構件，其被配置以編譯一僅有可見發射器之清

單並將使用中之該清單傳送至一計算裝置，該清單包含解碼自由該行動接收器裝置所接收之該等信號之對應發射器相關資訊，接收自該行動接收器裝置之該等信號已被該行動接收器裝置於一特別的位置所接收而超過一預定功率位準，其中該等信號可包含來自若干非伺服發射器及一伺服發射器之若干信號。

23. 一種用於一行動接收器之位置決定之計算裝置，該計算裝置係配置成：

a) 從該行動接收器接收一發射器清單，在一網路中該清單對於該接收器為可見，該清單包含解碼之信號之資料，該信號僅來自該網路中該可見的發射器，其中該信號被該行動器接收在一特別的位置超過一預定的功率水平，其中該信號包含來自非伺服發射器及伺服發射器之信號，該被解碼的資料與相對應之每一發射器之識別碼相關，

b) 建構一有關該接收器處於在該清單中給定該發射器之一特別位置之機率的位置函數，該位置函數具有與該清單之每個構件對應的發射器，每個組件包括一取決於該行動接收器位置之預定機率函數；以及

c) 評估該位置函數，以決定一與最高位置機率對應的位置，並將該位置定義為該行動接收器的位置。

24. 一種系統，其包含一如申請專利範圍第22項之行動接收器裝置以及一如申請專利範圍第23項之計算裝置。

25. 如申請專利範圍第24項之系統，其中該計算裝置係附

99年2月1日修(0)正特此

著於該行動接收器。

26. 如申請專利範圍第24項之系統，其中該計算裝置係遠離該行動接收器但與該行動接收器通信。