

本案已向

國(地區)申請專利

申請日期 案號

主張優先權

美國 US

2001/07/27 60/308,436

有

有關微生物已寄存於

寄存日期

寄存號碼

無



## 五、發明說明 (1)

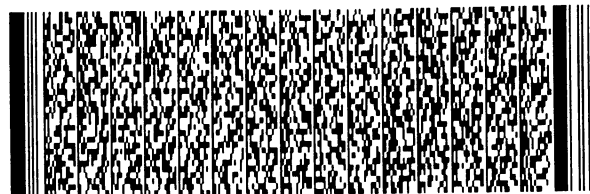
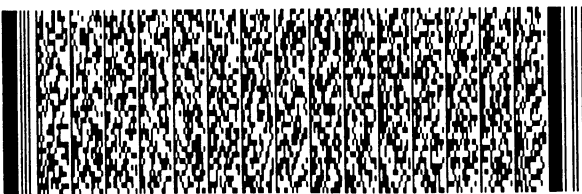
發明所屬之技術領域：

本發明廣泛地適用於移動和固定方向無線通信的天線系統，尤其適用於提高天線系統的方向性，方向增益，改善無線系統的有效孔徑，最大限度地彌補偶合效應，以及增強對這些指標的控制能力。

先前技術：

現今的無線通信系統均面臨有系統容量及頻譜的短缺問題。這些無線通信系統一般均使用一個移動切換中心 (MSC) 來控制 (指揮) 一系列通信地面站以便同移動電話，移動數據終端，手掌電腦 (PDA) 等各種通信裝置保持通信。每個移動切換中心 (MSC) 總是試圖儘可能有效地使位於服務區的用戶分享可用的頻譜。一個用於北美大陸的DS-CDMA系統在一個服務區內一般可以提供1000個用戶服務。儘管CDMA理論上可以有相當大的同區復用功能，但實際上每個服務區內一般只能同時為1000個用戶提供服務。

另外一種用於歐洲和亞洲的TDMA (時分多址) 系統擁有125組不同的頻道而每個頻道可以服務8個用戶。這亦理論上允許1000用戶同時工作。但一般來說，相臨服務區不可以重複使用同樣的頻道 (干擾所致)，這125組頻道實際上分享於好幾個服務區。只有當服務區之間的距離足夠大以後，在某一區使用了的頻道才可再重複使用 (這種區域再使用指數一般為7)。因此，頻道之間干擾很大程度



## 五、發明說明 (2)

地降低了服務區內的用戶數目。

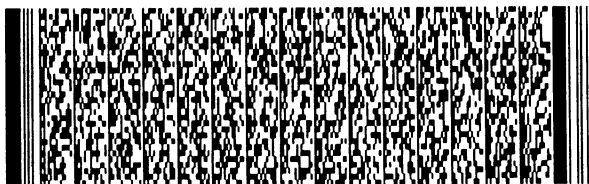
雖然這些系統目前仍可使用，人們手上的無線裝置以及用戶數目的日趨劇增都會迅速地使現有系統面臨嚴重的挑戰。當服務區的使用裝置涉及該區的服務上限，則要麼服務質量降低，要麼不可能提供服務直至該裝置進入可服務的區域。一種解決這種問題的辦法是增加服務區的數目（減小各服務區的半徑），但數目的增加受到區域間干擾，費用（以及社區政治）的嚴重限制。

因而，有必要發展更好的解決方案以提高各服務區頻譜的使用效率，而不是高價地增加服務區數目或統統更換現有系統。

## 發明內容：

本發明正是針對上述市場需求的一種技術。本發明包含一種製做天線系統的方法（比如用於移動通信系統的天線），在不更換或增加服務區數目的情況下提高頻率（服務區）的使用率並增強服務的性能。依據本發明所建構的天線具有高度的定向性及更好的方向增益。並可有效地控制這些參數使得每個區內可以同時提供（較現有系統）高出很多的互不干擾的頻道數目。因而提高系統的容量及服務質量。

本發明所指的方法是一種為多元陣列天線系統波賦形的一種方法。這種方法包括設定天線系統的（放射）波形圖（方向圖），確定各陣元的波形函數，確定陣元間距的



## 五、發明說明 (3)

參數值，由陣元波形函數構造一組陣列框架並求出其偶框架，然後確定各陣元的加權係數。天線系統的方向圖指的是天線發射或接收的波形圖。各陣元波形函數包括陣元的基本方向圖，運作頻率及至少一個確定陣元在天線陣中位置的參數。

由陣元波形函數構成的框架滿足一種（作用於陣元波形函數上的）框架條件。各陣元的加權係數則基於偶框架的各元素及設定的天線系統方向圖。具體地說，陣元的加權係數由偶框架及天線系統方向圖的內積（點積）而生成。

本發明所指的裝置包括由本發明的方法所製成的天線系統，其波束由本發明的方法生成。

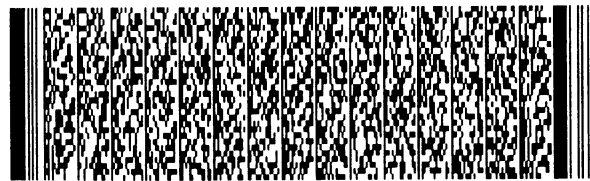
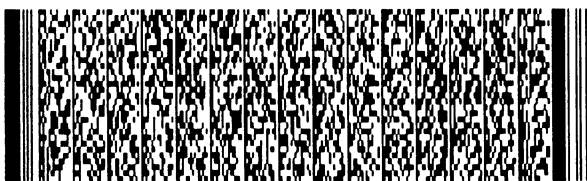
本發明的優勢之一是很容易把陣元間的相互耦合納入陣元的特性（方向圖）內考慮。

另一優勢在於允許陣元的非均勻分布，並對其做精確的處理。

本發明再一優勢是可以當陣元增益變化或陣元失靈（或兩者同時存在）時對陣列做實地校準。這可使陣列天線系統儘可能地發揮其效用以使通信系統儘可能地維持其工作狀態，而無需立即更換或維修天線。

然而，本發明的另一優勢在於發明的計算速度極快，適用於對運行天線系統做再校準及定標。

然而，本發明的另一優勢在於陣元函數可以包括電纜及其他電路延遲，也可包括各陣元之驅動中的其他不規則



## 五、發明說明 (5)

規微處理器來說微不足道，絕不是問題。用在常規陣列天線的設計和建構中更不是問題。

圖1是本發明用來建構一個具有（遠場）方向圖為  $F(\theta)$  (10) 的天線系統的流程圖。其中， $\theta$  為圖2A中所示的（空間）方向角。方向角指的是平面波於xy平面的正交矢量之間的夾角。天線陣擺在平面上。步驟一 (20) 是確定天線陣的參數。陣列的參數至少包括陣子的間距  $d_n$ ，以及各陣子的基本方向圖  $\rho_n(\theta)$  (所有的n)。

步驟二 (22) 是把以上收集的陣子參數納入一組稱為框架 (frame) 的函數  $\{A_n\}$  中。框架  $\{A_n\}$  在數學上展開一個函數空間 (希爾伯特空間)，而陣列方向 (波形) 圖  $F(\theta)$  正是定義在這個空間中的一個函數。原則上說， $F$  不僅僅是方向角的函數， $F$  還可以包含座標及時間等參量。

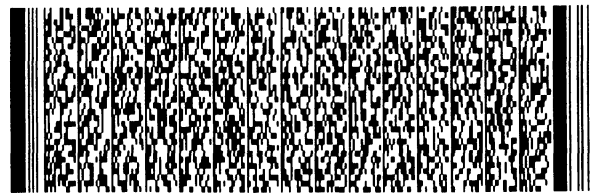
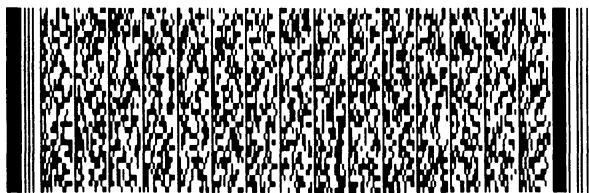
一般的希爾伯特空間是一個完備的內積

(inner-product) 空間，比方說，所有平方可積並可測

的複函數空間： $\{f: \mathbb{R} \rightarrow \mathbb{C} : \langle f|f \rangle = \|f\|^2 = \int_{-\infty}^{+\infty} dt |f(t)|^2 < \infty\}$  就是一個希爾伯特空間。其中內積  $\langle f|g \rangle$  滿足幾個必要的條件：非負性  $\|f\| \geq 0$ ，共軛性  $\overline{\langle f|g \rangle} = \langle g|f \rangle$ ，以及線型特性：

$\langle f|cg+h \rangle = c\langle f|g \rangle + \langle f|h \rangle$  (其中  $c$  是一個常數)。函數空間中的框架 (frames) 通常是有容餘的，非正交的。因此，一般不具備對函數的唯一展開的特性。

步驟三 (24) 是確定陣列框架涉及的偶框架  $\{B_n\}$ 。此



## 五、發明說明 (6)

後，天線系統的方向（波形）圖  $F$  便可通過以下兩個函數空間中的單位算子來表示。這兩個大單位算子為：

$$I = \sum_n |A_n\rangle\langle B_n| \quad (1)$$

$$I = \sum_n |B_n\rangle\langle A_n| \quad (2)$$

其中  $\langle \cdot |$  和  $|\cdot\rangle$  為 Dirac 表示符， $\langle \cdot | \cdot \rangle$  為定義在函數空間上的內積。本發明的形式之一是當  $\{B_n\}$  為標準偶框架時。但這並非為唯一的可能。本發明包括使用其他偶框架。所期望的系統方向圖  $F(\theta)$ （設  $F(\theta)$  是  $\{A_n\}$  所展開的空間的一個函數）可以表示為

$$F(\theta) = \sum_n |A_n\rangle\langle B_n|F(\theta) \quad (3) \text{ or}$$

$$F(\theta) = \sum_n |B_n\rangle\langle A_n|F(\theta) \quad (4).$$

方程 (3) 把  $F(\theta)$  按給定的陣列框架  $\{A_n\}$  來展開，而方程 (4) 則是把  $F(\theta)$  按偶框架  $\{B_n\}$  來展開。在陣列天線的合成中，因為  $\{A_n\}$  是具體存在於天線陣子上的物理函數。方程 (3) 是我們使用的公式來合成所需的波形圖  $F$ 。內積  $\langle B_n|F\rangle$  是係數影射算子  $T$  作用於  $F$  上的值，也就是說， $TF = \langle B_n|F\rangle$ 。係數算子  $T$  把函數  $F$  分解到框架  $\{B_n\}$  的各元素  $B_n$  上。從現在起，量值  $\langle B_n|F\rangle$  叫做陣列控制加權  $w_n$ （也稱為陣列的激發係數）。

如上所述，步驟 (24) 裏需要有偶框架  $\{B_n\}$ 。偶框架



## 五、發明說明 (7)

$\{B_n\}$  可以通過函數空間的框架算子來求算。框架算子 $G$ 的定義為： $G = T^*T = \sum_n |A_n\rangle\langle A_n|$ ，其中 $T^*$ 是係數影射算子 $T$ 的共軛算子。框架算子 $G$ 滿足以下的關係式：

$$GB_n = A_n \quad (5) \text{ and}$$

$$B_n = G^{-1}A_n \quad (6)$$

因此，計算偶框架 $\{B_n\}$ 的方法之一是算出 $G$ 的逆。應該指出的是，如果 $\{A_n\}$ 本身構成一組標準正交基，則 $G=I$ ，偶框架 $\{B_n\} = \{A_n\}$ 。

為保證 $G$ 的可逆性， $\{A_n\}$ 需要滿足框架的條件  $CI \leq G \leq DI$ （其中 $C$ 和 $D$ 是固定的有限正常數）。這個條件限定了框架算子 $G$ 的特徵值的上下界。從而保證了 $G$ 的可逆性。值得指出的是，在有限維空間中， $\{A_n\}$ 總可以構成其自身所展開的空間的一組框架。

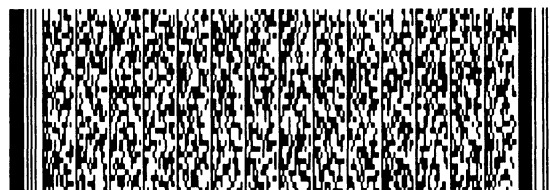
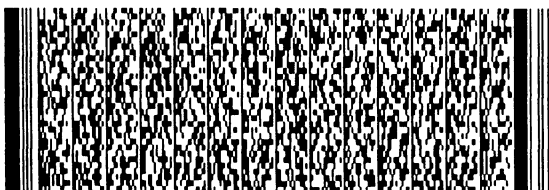
$G$ 的逆 $G^{-1}$ 還可由以下的遞歸表達式 $H_N$ 逼進（Von Newman的算子逆算法）

$$H_N = \alpha I + (I - \alpha G)H_{N-1} \quad (8)$$

其中 $0 < \alpha < 1$ ， $I$ 是單位算子。

另外一種求標準偶框架 $\{B_n\}$ 的算法是求 $\{A_n\}$ 的矩陣表示的偽逆（Pseudo-inverse）。換言之， $B = (A^*A)^{-1}A^*$ ，其中， $A^*$ 是 $A$ 的共軛；而 $B$ 是標準偶框架 $\{B_n\}$ 的矩陣表示。

因此，已知偶框架 $\{B_n\}$ 以後，步驟（26）是計算天線陣列的加權 $w_n$ ，並用此來合成所需的方向（波形）圖



## 五、發明說明 (8)

$F(\theta)$ 。具體算法是：

$$w_n = \{B_n | F(\theta)\} = ((A^* A)^{-1} A^*)_n F(\theta). \quad (9)$$

值得指出的是，因為製造陣列天線時所使用的陣子  $\{A_n\}_{n=0}^{N-1}$  數目有限，在給定陣列方向圖  $F(\theta)$  以及選定陣列框架  $\{A_n\}$  的過程裏，最好是把陣子的個數以及方向角採樣的點數  $\{\theta_0 \dots \theta_m\}$  和間距考慮進去。第一種方法是對  $F(\theta)$  做  $N$  點的均勻採樣（其中  $N$  為陣子的個數）。在這種作法中，最好是把  $F(\theta)$  的峰值和零點安排在採樣點上。

第二種給  $F(\theta)$  賦值的方法是通過超額採樣。設  $L \geq N$ ，給  $F(\theta)$  賦予  $L$  個（均勻角度分部的）值。陣列框架  $\{A_n\}_{n=0}^{N-1}$  被視為  $L$  個陣子空間的一個子框架。其中， $(L-N)$  個“多餘的陣子”被賦予 0 加權。這個方法在窄波要求高的應用中適用。所帶來的副作用是略高的副辦。

第三種為  $F(\theta)$  賦值的方法是令  $L=N$  或  $L$  比  $N$  稍大。給  $F(\theta)$  在  $L$  個非均勻分部的採樣角上賦值。側重點可以放在主辦的採樣角上（或相反）。這個方法適用於較窄的主辦和較低的副辦同時有要求的場合。

比較適用的一種為  $F(\theta)$  賦值的函數（此發明並不只自

限此一種）為  $F(\theta) = 10^{\exp(-\frac{|\theta|^8}{\sigma^2})}$ ，其中  $\theta$  為採樣角，“ $\sigma$ ”為一個參數，用於進一步地控制波束的形狀，波寬以及副辦的高度。 $\sigma$  往往是  $N$  的函數。比仿說，當  $N=4$  時， $\sigma$  通常取值為 1 至 4。角度為  $(-\pi, \pi)$  中的離散採樣



## 五、發明說明 (9)

點。採樣點的分布如上述各方法所述。

依據本發明，陣列加權系數 $\{w_n\}$ （用於合成所需的天線系統方向圖 $F(\theta)$ ）對一般大陣列系統來說是非唯一的（比仿說，當陣子的間距小於 $1/2$ 波長，或當 $N>L$ ，即天線的陣子數 $N$ 大於方向角的採樣點數 $L$ ）。這種情況下，所有可能的偶框架 $\{B_n\}$ 由以下的式子給出：

$$B_n = B_n^0 + C_n - \sum_{m=0}^{N-1} \langle B_m^0 | A_n \rangle C_m, \quad (10)$$

其中， $C_n \equiv C_n(\theta), (n=0,1,\dots,N-1; \theta=\theta_0, \theta_1, \dots, \theta_{L-1})$  是一個自由矢量；而 $\{B_n^0\}$ 是前述的標準偶框架。在實際的實現過程中，式子(10)也是寫成矩陣形成。一旦某一個偶框架被選定，相應的陣列加權矢量 $\{w_n\}$ 便可由(9)式確定。

在以下所述的具體應用中，天線陣子均假設放置在水平方向（平面陣除外）。因此，波束的方向角一般僅以一個參量 $\theta$ 來表示。

## 線性陣子天線

圖2A展示了一個陣子均勻分布(42)的線性陣子天線(40)。按本發明，設計和建構一個所需方向圖的線型陣子天線可按如下步驟進行。

第一步，測量，計算或給定天線陣子的基本方向圖 $\rho_n(\theta)$ 。測量結果是最好的。因為測量的陣子方向圖 $\rho_n(\theta)$ 包含了陣元間的相互耦合效應。不測量的話，陣子的方向圖和相互耦合效應可以通過模型模擬得到。另一種做法就是



## 五、發明說明 (10)

給定每個陣子理想的陣元方向圖。後述的這種做法固然不是很精確，但在某些應用中仍可給出可接受（可用）的產品。

下一步，檢測各陣子之間的精確相位差（基於所用的電纜及電纜的實際長度）。這些相位差隨之被轉換成實際的陣元間距 $d_n$ （相對於第0個參考陣元的距離）。陣列框架 $\{A_n\}$ ，以一個二單元陣列為例，更可表示成

$\{\rho_0(\theta)e^{j\beta d_0 \sin(\theta)}, \rho_1(\theta)e^{j\beta d_1 \sin(\theta)}\}$ ，其中 $\rho_n(\theta)$ 是第 $n$ 個陣子的（輻射/接收）方向圖；量值 $\exp(j\beta d_n \sin(\theta))$ 提供了第 $n$ 個陣子的相位信息， $\beta=2\pi/\lambda$ 是運行頻率下的波束數。而 $d_n$ 是第 $n$ 個陣子距參考陣子（第0個）的距離。其中 $d_0=0$ ； $\theta$ 則是平面波與陣列的（垂直）方向矢量之間的方向角。

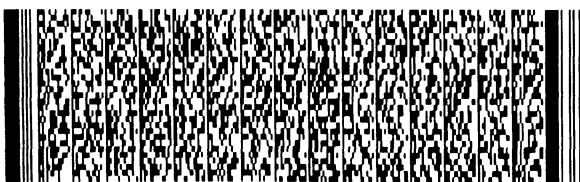
再下一步，把框架算子 $G$ 用矩陣形成表示出來。假設我們在三個方向角 $\{\theta_0, \theta_1, \theta_2\}$ 上採樣，那麼 $\{A_n\}$ 的矩陣表達式成為：

$$A = \begin{bmatrix} \rho_0(\theta_0) & \rho_0(\theta_1) & \rho_0(\theta_2) \\ \rho_1(\theta_0)e^{j\beta d_1 \sin \theta_0} & \rho_1(\theta_1)e^{j\beta d_1 \sin \theta_1} & \rho_1(\theta_2)e^{j\beta d_1 \sin \theta_2} \end{bmatrix} \quad G = A^H A$$

便是 $G$ 的矩陣表示，其中，上標 $H$ 代表Hermitian轉秩。矩陣的大小取決於方向圖 $F(\theta)$ 的採樣點數。

框架算子的逆 $G^{-1}$ 便可由上述的偽逆或疊代方法計算出來，並用於計算偶框架 $\{B_n\}$ 。

已知偶框架之後，陣元的加權 $w_n = \langle B_n | F \rangle, \forall n$ 便可求



## 五、發明說明 (11)

出。以矩陣形式，則有  $W=BF$ 。這些加權正是建構所需陣列天線中各陣子的加權係數。這個計算是一個簡單的小矩陣和矢量的乘。矩陣及矢量的大小取決於方向角的採樣點數。通常，這個計算極快，足以滿足實時的要求。更何況加權往往可以事先算出。

綜合上面所述，具體到一個例子（以三個採樣點為例

），矩陣  $A$  為：
$$A = \begin{bmatrix} -0.8776 + 0.0000i & 1.0000 & -0.8776 - 0.0000i \\ & 0.8776 & 1.0000 & 0.8776 \end{bmatrix}$$
，其中

每個陣子的方向圖假設為  $\rho_n(\theta) = \cos(\theta), n = 0, 1$ 。因此，標準偶框架的矩陣表示  $B$  便為：

$$B = \begin{bmatrix} -0.2849 + 0.0000i & 0.5000 + 0.0000i & -0.2849 - 0.0000 \\ 0.2849 + 0.0000i & 0.5000 - 0.0000i & 0.2849 + 0.0000i \end{bmatrix}$$
。假設陣列的方

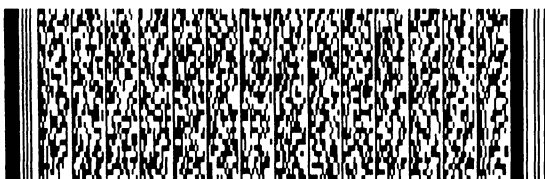
向圖為  $F=[0, 1, 0]$ ，那麼陣列的控制加權  $W$  便是：

$$W = BF = \begin{bmatrix} 0.5000 + 0.0000i \\ -0.5000 - 0.0000i \end{bmatrix}$$
。

最值得提出的是，在上述的方法中，相互耦合的作用可以放入陣元的方向圖  $\rho_n(\theta)$  裏。從而保證合成波的真實性及高質量。

做為此發明的應用之一，陣元之間的距離為均勻分布的，圖2B是圖2A的線性（均勻分布）陣列所產生的陣列方向圖（50）的一個例子。

本發明的另一種應用是在非均勻分布的線性陣列天線的建構中。因為本發明的陣列框架法不需要空間的均勻採樣便可完全的重建陣列框架所張成的函數空間。實際應用



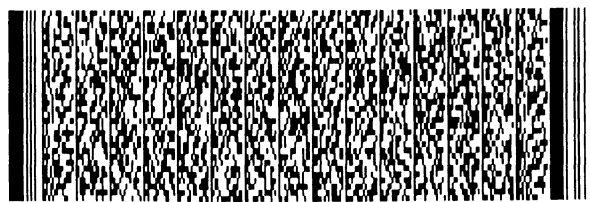
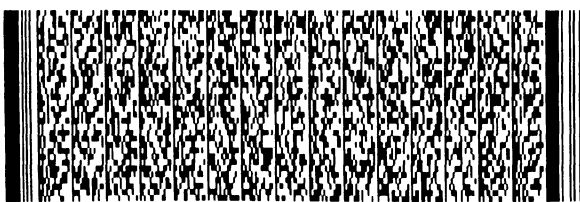
## 五、發明說明 (12)

中，陣元的非均勻分布是常見的現象。陣元間距的變化可包括機械，電纜長度以及電纜的連結方式等造成的小量變動。使用本發明，陣列天線的建構可以不使用精密加工，亦不需要特殊的或額外的相位補償電路。圖2C展示了一個非均勻分布的線性陣列的例子。圖2C中的陣元間距（陣元54a-i）如下所示：

$$2d_n / \lambda = [-5.0000 \quad -3.6000 \quad -2.3000 \quad -1.1000 \quad 0 \quad 1.1000 \quad 2.3000 \quad 3.6000 \quad 5.0000]$$

圖2D是陣列圖2C的一個天線方向（波形）圖（60），而圖2E是一個由均勻分布線性陣生成的一個天線方向圖。圖2E中對應的均勻線性陣跟圖2C的線性陣除間距不同以外，其餘均等同。把圖2D和2E的波形圖做個對比可以發現，圖2D的波形（60）（相對於圖2E）有明顯的改善。圖2D的主瓣不僅窄了些，其副瓣高度為-30dB，而圖2E的副瓣為-22dB。因而，非均勻分布的線性陣在波賦形的結果上改進了8dB的副瓣。

更值得指出的是，本發明的方法可以用來對天線系統進行實時校準。如因一個（或多個）陣元的增益有變化，或陣元的電纜（連結）脫落以及陣元失靈，本發明的方法可迅速地重新校準陣列（重新確定陣列框架 $\{A_n\}$ 並計算偶框架 $\{B_n\}$ 和新的陣列加權 $\{w_n\}$ ）。這個特點的優勢在於天線系統仍可最大限度地發揮其作用，而不需立即進行現場維修或更換。這意味著運營中的節省。天線的波束通過校正了的陣列又最大限度地重建出來。一旦變異了的或者失靈



## 五、發明說明 (13)

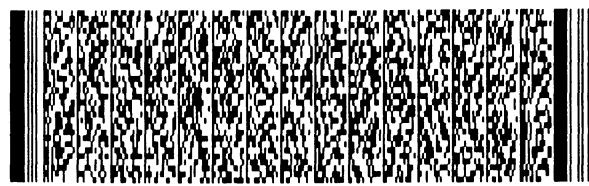
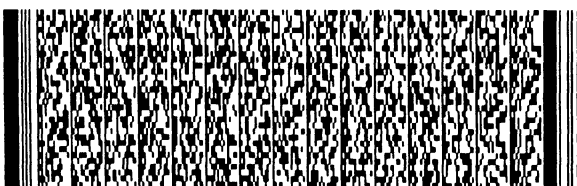
的陣元被修復，本發明可以立即重新把這些修復了的元素納入運作，重新算出應有的陣列加權。圖2F對比了由一個16個陣元的線性陣生成的兩種波形圖，線性陣中有三個陣元的增益發生了變動。圖一(66)是由常規加權方法所產生的波形圖，而圖二(68)為按本發明所計算出的加權所生成的波形。圖2G為二種加權的對比。(70)是常規的加權(曲線)而(72)為本發明算出的加權。顯而易見，本發明的加權方法(72)有效地補償了陣元增益的變化。

圖2H是由本發明生成的另一波形圖(74)例子。其中線性陣裏一個陣元的增益有所降低。圖2I則是同樣情形下(一個陣元的增益有所降低)用常規加權法所生成的天線方向圖(76)。從波形圖上可以明顯地看出，本發明所生成的波形圖之副瓣比常規的波形圖副瓣要低得多。圖2J對比了兩種加權曲線。(78)為常規加權，而(80)為本發明的加權(其中一個陣元的增益變化已被納入計算)。又一次證明本發明可以有效地補償陣元增益的變化。

## 圓形陣列天線

由於本發明允許非均勻的陣元分布，其另一用途便是用於建構各類不同幾何分布的陣列天線及其波賦形。舉例來說，圖3為一個圓形陣列天線(90)。以一個簡單的情形為例，假設陣元(92a-d)在圓上均勻分布(雖然均勻分布並不重要)，圓陣的陣列框架為：

$$\{A_n\} = \{\rho_0(\theta), \rho_1(\theta) \exp(j\beta d \sin \theta), \rho_2(\theta) \exp(j\beta d (\sin \theta + \cos \theta)), \rho_3(\theta) \exp(j\beta d \cos \theta)\},$$



## 五、發明說明 (14)

其中， $d$ 是陣元間的割線長。 $\theta$ ，如圖3所示是平面波相對於陣列的方向角。陣元(92a-d)構成的圓陣(90)可以包括非均勻分布的情形：即陣元在圓周上的分布不等距。這僅僅改變了各陣元收到(或發射)的平面波相對延遲或相位差，並不改變天線陣所展開的(波形)空間。從圓陣上的應用可以看出，因本發明獨具處理非均勻分布陣列的能力，本發明可以用在任何平面幾何分布的陣列天線的設計和生產中。平面幾何陣列中更具體的設計和建構方法則由以下所述。

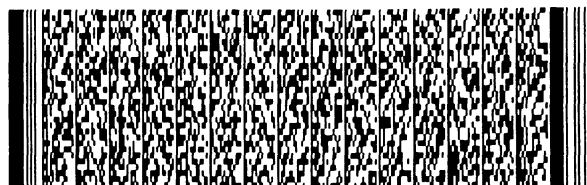
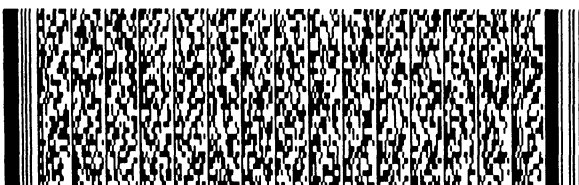
## 平面陣列天線

圖4為平面陣子天線的示意圖(100)。用本發明製造平面陣子天線跟建構線性陣天線類似。所不同的是，基本陣元方向圖 $\rho_{kl}(\phi, \theta)$ 已是兩個空間角 $\phi, \theta$ 及兩個間距 $x_{kl}, y_{kl}$ 的函數。其中 $x_{kl}, y_{kl}$ 決定陣元在平面陣上的位置。如前述的陣列一樣，相鄰陣元不必有相同的間距。任何兩個陣元的間距都可以不同。因此，本發明把間距的隨機或機械加工的變動因素以及電纜長度的變異都一起考慮到了陣列天線的設計和生產中。平面天線的陣列框架為

$$\{A_{kl}\} = \{\rho_{kl}(\phi, \theta) \exp(j\beta(x_{kl} \cos\phi \sin\theta + y_{kl} \sin\phi \sin\theta))\}_{k=0, l=0}^{K-1, L-1},$$

其中一個方向上假設有 $K$ 個陣元，而另一(正交)方向上有 $L$ 個陣元。

值得指出的是，平面陣的設計和建構方法可以用來處理像圓陣，環陣或六角陣等任意的平面幾何陣列。以圓陣



## 五、發明說明 (15)

為例，假設圓陣（各陣元）擺在水平平面上，只稍在上述的陣列框架中設  $\theta = 90^\circ$ ，而以  $\phi$  為平面波相對於陣列的方向角，上述的陣列框架便轉化成圓陣的陣列框架。跟前述的表達式完全一樣。

建構平面陣天線的步驟包括測量，模擬或給定陣元的基本方向圖  $\rho_{kl}(\theta, \phi)$ ；測量（待電纜接好後）各陣元的實際相位差並將之轉換為間距參數  $\Delta x_{kl}, \Delta y_{kl}$  以加入陣元的位置參數  $x_{kl}, y_{kl}$  中。下一步是構造平面陣列的框架算子  $G$ ，並求其逆（或如同線性陣列建構中求  $\{A_{kl}\}$  的矩陣表達式的偽逆）。再用之計算平面陣列框架的偶框架  $\{B_{kl}\}$ 。最後，平面陣的加權由偶框架  $\{B_{kl}\}$  和所需的天線方向圖  $F(\theta, \phi)$  確定：

$$w_{kl} = \langle B_{kl} | F(\theta, \phi) \rangle。$$

## 時間-空間雙重波賦形

圖5所示為一種時-空（雙重波賦形）的陣列圖（104）。依據本發明，時-空雙重波賦形與平面陣賦形類似。所不同的是，平面陣的某一維空間，在這裏由一個正規化了的時間延遲  $\bar{t}$  所代替。因而，時-空陣的陣列框架則如下式而定：

$$\{A_{nk}\} = \left[ \rho_n(t) \exp(j\beta(d_n \sin t) + (\bar{t} - \tau_{nk})) \right]_{n=0, k=0}^{M-1, K-1}，$$

其中， $\tau_{nk}$  是第  $n$  個陣元的第  $k$  次採樣時刻。本發明的這種做法可以精確地實現任何實用的波形  $F(\theta, \bar{t})$ ，並允許非均勻的陣元空間間距及非均勻的時間採樣間隔。因為所生成



## 五、發明說明 (16)

的波束分享時間和空間的優勢。本發明的時-空波賦形技術可以實現極好的波束性能。由此產生的這種時-空波在抑制TDMA (時分多址) 系統 (像GSM) 中時段 (time slots) 之間的字符干擾有極大的用處。原因是時-空波可以同時在空間及特定的時間段內與TDMA系統保持同步。從而不影響其他時間段內的信號收發。這種時-空波不僅性能好, 而且可以相當程度地節省費用, 不再需要常規系統中所使用的硬件分合的波束切換方式。相應地, (在本發明中) 波束在時間上的參數自然地反應在陣元的加權上:

$w_{nk}(\theta, \bar{t}) = \{B_{nk} | F(\theta, \bar{t})\}$ 。不僅如此, 波束隨時間的變化分合還可以用來避免頻率段之間的干擾。

以下各例為本發明實現的另外一些波形。圖6 (120) 所示為多重高質量波束 (122a-e) 的一例。其副瓣很低 (124)。圖6的波束 (122a-e) 由一組16陣子的陣列所生成。副瓣比主瓣低出50dB。通過細緻的選擇波形函數  $F(\theta)$ , 本發明可以實現更低的副瓣的波形。波形函數的選擇和採樣如前面所述, 跟選擇採樣角度, 對陣子方向圖  $\rho_n(\theta)$  的採樣以及陣列的陣元個數有關。

圖7所示的波形 (130) 是由本發明生成的既有所需指定方向的主瓣波束 (132), 又有另一方向上欲求的零點 (134)。這種波束可有效地用在同一服務區 (cell) 內兩個不同方向上使用或分享同一頻率或同一碼址的情形上。這樣, 主瓣 (132) 對準用戶的方向而將零點對準同

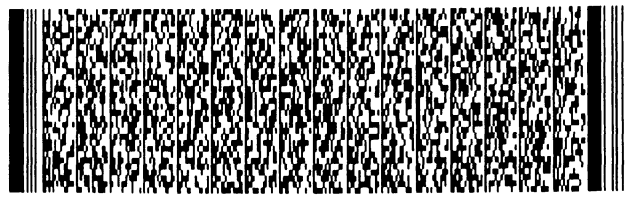
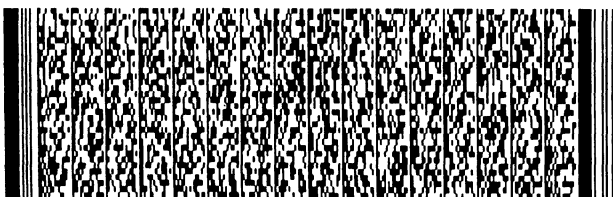


## 五、發明說明 (17)

樣頻率或碼址的"干擾"源，通信便可以不受干擾。從而大幅度地節省可用頻譜，提高系統容量。

圖8示意的是利用本發明在同一陣列中使用不同陣元 (142, slot)，(144, 單向偶極子) 的設計和建構範例。此發明的方法不要求陣列中的框架函數  $\{A_n\}$  均為同一種類。如果某些應用中需要使用不同種類陣元的組合來生成高質量的波束，那麼總的陣列框架便由各種陣元相應的框架函數組合而成。不同的陣元形成互補，只會增加和擴展由陣元組所張成的陣列子空間。這正是使用陣列框架的特殊性---給陣列子空間加入容餘性只會帶來好處。因此，依據此發明各不同陣元的基本方向圖為  $\{D_n^{(m)}(\theta)\}$ ，其中，上標  $m$  為天線陣元的第  $m$  種類；而下標  $n$  為 (第  $m$  種陣元裏) 第  $n$  個陣元。(再乘以各陣元的相位差成分，便可構成總體的陣列框架)。

在常規的做法中，天線陣系統的天線間距往往需要嚴格的控制。而這種精密加工可使造價高出很多，尤其是當運行頻率很高時。除此之外，即便是陣元間距可以做的很精確，電纜的連結及電纜長度的微小變化仍會造成陣元間信號的相位差。這種相位差是設計中很難考慮的。常規的陣列天線建構方法需要對每一個信道 (對應每一個陣元) 進行單獨的相位補償。而在此發明中，陣元間距的微小差異以及最終 (電纜連接完畢後) 各信道的相位差均被納入框架陣列的構造和偶框架的計算中，既節省了各信道的相



## 五、發明說明 (18)

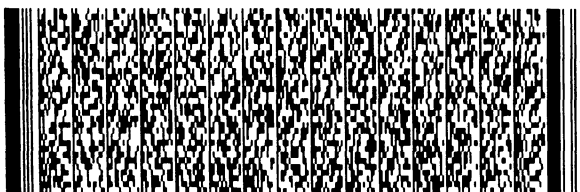
位補償單元，又確保了波賦形的精確性及波束質量。按本發明的建構方法，波束的副瓣可以維持在數學上可極的最低水平。

為把陣元之間的相位差或陣元間距的差異放入本發明的框架中來考慮，各信道（陣元）的相位差應在天線陣元布置完畢，電纜連接妥善之後來測取。測出的相位差隨即被轉換為陣元間距變異值並加入陣列框架的間距參數內。

圖9A所示為由陣元（152a-b）構成的線性陣（150）。各陣元間距含有微小變動。這些變動模擬各陣元間的實際相位差或間距差異。本發明可以精確地補償這種間距差異從而產生具有-50dB副瓣高質量波束（160）。見圖9B（由圖9A的線性陣生成）。相比而言，不考慮這種微小間距差異的話，常規做法所能生成的波（164）則有-33dB的副瓣。見圖9C（由圖9A的線性陣按均勻分布的加權而生成）。圖9C的波（164）較圖9B的波（160）而言，副瓣惡化了近17dB。

使用非均勻分布陣列以提高波束的質量

圖10A所示為一個刻意設計的非均勻分布的線性陣（170）。其目的是為了增強陣列的性能。圖10B為由圖10A的非均勻分布陣列按本發明所生成的波束（172）。而圖10C為（與圖10A有同等數目的）均勻分布線性陣所生成的波束（174）。（本發明之）圖10B的波束不但主瓣（較圖10C的波束（174））窄，其副瓣也降低為-30dB，充分體現了本發明利用非均勻分布的設計和建構之優勢。圖



## 五、發明說明 (19)

10C 則是均勻分布陣列用傳統的加權方法生成。可見，本發明所生成的波束不僅主瓣較窄，且副瓣降低了近8dB。使用小於 $1/2$ 波長的陣元間距

多數常規的陣列設計和建構方法很難簡單的用於小於 $1/2$ 波長的陣列天線中。常規方法用於這類天線系統時，往往要受到很多限制。比如已知的一種方法需要假設陣列的陣元數為奇數（如果陣元間距小於 $1/2$ ）。然而，本發明中完全允許陣元間距小於 $1/2$ 波長。原因是本發明所使用的陣列框架法允許非均勻及小於 $1/2$ 波長的陣元分布。非均勻及小於 $1/2$ 波長的陣元間距僅體現在陣列框架各元素間的非正交性以及陣列框架的容餘性上。其（由小於 $1/2$ 波長陣元分布的陣列所）張成的子空間並未改變。也正因為容餘性，這種陣列更加可靠而且性能（較 $1/2$ 波長分布的陣列）只會更好。圖11所示為 $1/2$ 波長間距和 $1/4$ 波長間距的（同樣長度的）兩種陣列生成的波束（176）之對比。兩種陣列生成的主瓣相同（178a），因為天線的物理（線性）尺寸相同，但由 $1/4$ 波長分布的陣列所生成的波束的副瓣（SLL）（178b, 178c, 178e, 178d）要比 $1/2$ 波長的陣列所產生的波束副瓣低7dB。因此，本發明不僅可以有效地處理小於 $1/2$ 波長間距的陣列。上述例子還證明本發明可以利用小於 $1/2$ 波長的容餘性提高天線系統的性能。

## 多波段天線的建構

對某些陣列天線來說（比如微貼片天線），可能在一



## 五、發明說明 (20)

個天線體內做出陣元分享的多波段的天線。以一個陣元分享的雙波段天線陣為例，假設第一個頻率為第二頻率的兩倍，那麼該陣列對第一個（高）頻率來說，陣元的分布為 $\lambda_1/2$ ，而同樣的陣列對第二個（低）頻率來說，陣元分布則為 $\lambda_2/4$ 。因此，這個多波段系統對低頻率 $\lambda_2$ 來說，使用了多於所需的陣元數目（間距小於 $\lambda_2/2$ ），正如上述的"小於1/2波長間距"的情形。每一個陣元都用上（無需每隔一個陣元使用一個）。從而不僅可以較易地造出多波段的天線，還可以使天線性能得以提高。

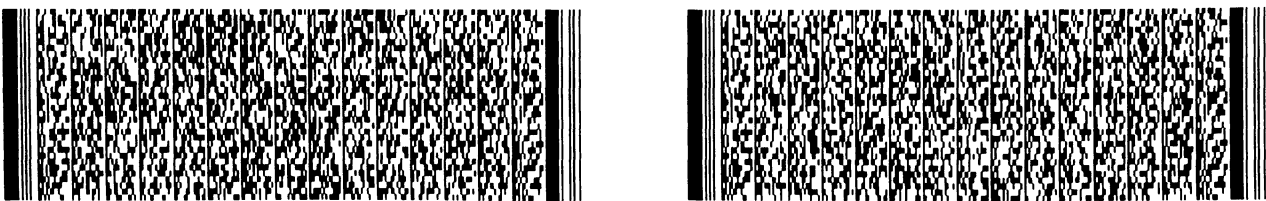
按本發明，以下是建構多波段天線的步驟。首先測出在不同頻率上的各陣元的方向圖 $\{O_n\}, \{O_m\}$ 。這個測量很有必要，因為各陣元在不同頻率上的工作性能及相互耦合截然不同。其次由功率合成器或功率平分器把兩組電纜與各陣元連接起來。然後在不同頻率上測量各陣元之相應信道的實際相位差，並轉換為實際的陣元間距。這些實測的陣元方向圖其陣元間距再用來構成陣列框架 $\{A_n\}, \{A_m\}$ 。再按上述的方法來計算各陣列框架的偶框架 $\{B_n\}, \{B_m\}$ ，及各陣元在不同頻率下的加權值：對第一個頻率來說

$$w_n = \langle B_n | F_1(\theta) \rangle, \forall n \quad , \quad \text{對另一個頻率來說,} \quad w_m = \langle B_m | F_2(\theta) \rangle, \forall m \quad .$$

圖11也同時是多波段天線的一例。

波束的再合成（波束空間之波賦形）

有些應用中，需要把一組預先生成的（子）波束組合成新波 $F(\theta)_{COMP}$ 。常規的做法(Beam-Space Beamforming)

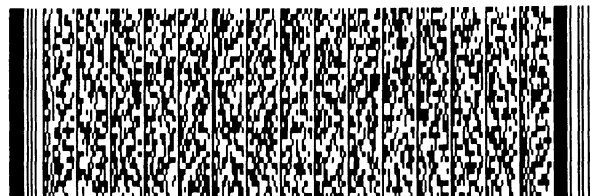
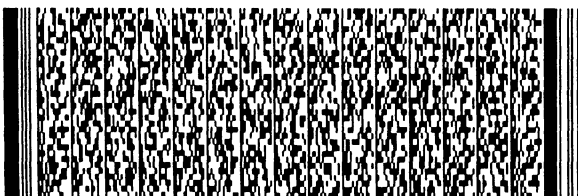


## 五、發明說明 (21)

通常要求子波之間要相互正交，也就是各子波之間相互無關。在實踐中，這種要求往往很難達到。而在本發明中，波束的再合成無需正交的假設。不管是正交的還是非正交的一組子波束都可精確地再合成為所需的波束。預先生成的子波 $F_A$ ， $F_B$ （無論是生成於同一陣列或分布在幾個陣列或天線塔中），在本發明中，不過是（廣義）平面陣中的陣元方向圖。這些（子波）陣元方向圖再構成一個廣義的陣列框架  $\{A_n\}_{PRE} = \{A_{LINEAR}, A_{CIRCULAR}\}$ 。再合成的過程不過是計算這個廣義框架  $\{A_n\}_{PRE}$  的偶框架  $\{B_n\}_{PRE}$ 。然後求再合成的加權系統  $w_n = \{B_{nPRE} | F(\theta)_{COMP}\}, \forall n$ 。圖12列舉的是一個由預合成子波陣列（180）及（182）所構成的再合成系統。子波可以由一個單獨陣列產生，也可由幾個不同陣列生成。

按本發明的優勢，這種應用的建構方法如下。預生成子波由前面所述的方法生成（構造（子）陣列的框架  $\{A_n\}$ ，並計算偶框架及加權 $w_n$ ）。然後，將生成的子波視為廣義陣中的陣元方向圖，並確定各（廣義）陣元的間距 $d_n$ 。如前所述，這種間距可以包括子波間的相位差。接下去，計算出各預生成子波的加權以再合成所需波形。

雖然本發明已以較佳實施例揭露如上，然其並非用以限定本發明，任何熟習此技藝者，在不脫離本發明之精神和範圍內，當可作更動與潤飾，因此本發明之保護範圍當視後附之申請專利範圍所界定者為準。



## 圖式簡單說明

圖1所示為按本發明的方法建構天線系統的流程圖；

圖2A所示為陣元間距相等的一個線性陣列天線；

圖2B所示為圖2A所示線性陣的一個方向圖；

圖2C所示為陣元間距非均等的一個線性陣列天線；

圖2D所示為圖2C之線性陣的一個方向圖；

圖2E所示為一個均勻分布線性陣所生成的一個方向圖，陣列除均勻分布之外，其它特性跟圖2C等同；

圖2F所示為一個線性陣方向圖，其中陣列內有變異的陣元；

圖2G所示為兩種陣元加權（曲線），其一為常規加權法，而另一種則是由本發明而得的（為生成圖2F的校正了的方向圖所需）的加權法；

圖2H所示為線性陣按本發明所生成的另一方向圖，其中陣列中的一個陣元的增益降低了；

圖2I所示為圖2H的例子中當陣元增益降低時，用常規方法生成的方向圖；

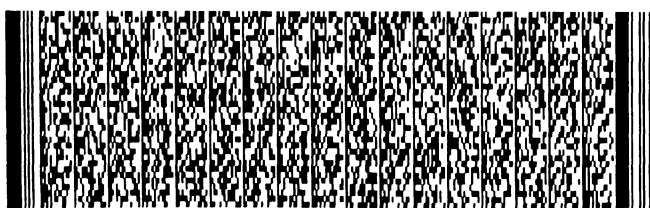
圖2J為上述例子中（當陣元增益降低時）兩種加權曲線的對比，其一是常規的加權法；其二是由本發明得到的加權法；

圖3所示為一個圓形陣列天線；

圖4所示為一個平面陣列天線；

圖5所示為一個時-空雙重陣列天線；

圖6所示為一個多重高質量方向圖並具有很低的副瓣；



## 圖式簡單說明

圖7所示為按本發明而設計的一種方向圖，其中包括一個方向上所需的主瓣以及另一方向上所需的零點；

圖8所示為在同一陣列中使用不同種類的陣元的一例；

圖9A所示為一個陣元間距有少量的隨機變動的線性陣列；

圖9B所示為圖9A的線性陣由本發明所生成的一個方向圖；

圖9C所示是由均勻分布陣列的加權法在陣列9A（含有少量的隨機間距變動）上所生成的方向圖；

圖10A示出了一個為提高陣列的性能而（專門）設計的非均勻間距分布的一個線性陣列；

圖10B所示為圖10A的線性陣（為提高性能而採用非均勻分布）所生成的一個方向圖；

圖10C所示為跟圖10A等同但均勻分布的線性陣生成的一個方向圖；

圖11所示為由 $1/2$ 波長間距及 $1/4$ 波長間距的線性陣所生成的兩種方向圖；以及

圖12所示為建構波束再合成系統的預生成波束陣列的示範圖。

## 符號說明：

40~線性陣子天線；

54~陣元；

92~陣元；

142~陣元；



## 圖式簡單說明

144~單向偶極子；

152~陣元；

180、182~預合成子波陣列。



申請日期: 91-07-29

案號: 91116925 94年5月6日

類別: H01R 1/27

(以上各欄由本局填註)

## 發明專利說明書

一、 發明名稱	中文	多元陣列天線之建構方法、以及適用於多元陣列天線與複合天線系統的波賦形的方法
	英文	METHOD AND APPARATUS FOR CONSTRUCTING MOBILE WIRELESS ANTENNA SYSTEMS
二、 發明人	姓名 (中文)	1. 李世東
	姓名 (英文)	1. Shidong Li
	國籍	1. 美國
	住、居所	1. 美國加州94015達利市, 菲爾衛大道29號
三、 申請人	姓名 (名稱) (中文)	1. 李世東
	姓名 (名稱) (英文)	1. Shidong Li
	國籍	1. 美國
	住、居所 (事務所)	1. 美國加州94015達利市, 菲爾衛大道29號
	代表人 姓名 (中文)	1.
代表人 姓名 (英文)	1.	



五、發明說明 (4)

因素。

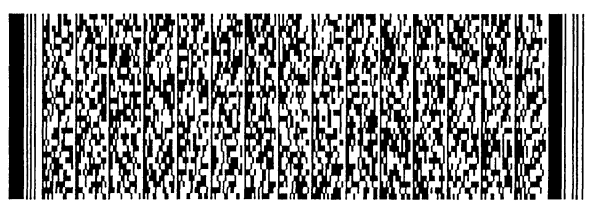
實施方式：

此項發明是有關如何製造高性能的移動通信天線系統。利用本發明可避免現有移動通信天線系統的缺陷。為此，我們採用一個全新的方法來生成一組天線陣的放射波形。一般來說，天線陣子的種類為已知，遠場的方向圖可根據天線陣的模型估算出來。但是，由於許多近似的假設，像陣子的均勻分布，簡化了的陣子方向圖（輻射圖），以及很難預測的實際運作中產生的時間延遲等，天線陣合成的總體方向圖（波型圖）在精度上和可控度上受到很多限制。

以一個線性陣的合成為例，方法之一是用  $N-1$  階的 Chebyshev 多項式作為波束的模式。波束的副瓣以 Chebyshev 多項式的振動部分為準。而波束的主瓣被分配在多項式函數的中間（非振動）部分。這種方法一般要求陣子的間距為  $1/2$  波長。如果某些應用需小於  $1/2$  波長的陣子間距，這個方法（Chebyshev 多項式法）的使用便有了限制。比妨說，陣子的數目要求為奇數等等。

本發明不要求做任何上述的簡化和近似假設。任意給定陣子的數目，此項發明能夠設計出最優的合成方法，最大程度地逼近所需的天線方向圖。

此項發明使用矢量和矩陣運算來計算各陣子的加權係數。這些運算對現在的數字信號處理器（DSP）和其它常

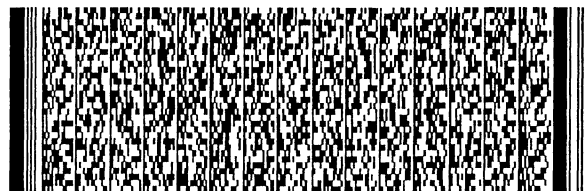
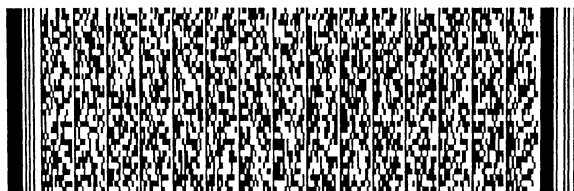


四、中文發明摘要 (發明之名稱：多元陣列天線之建構方法、以及適用於多元陣列天線與複合天線系統的波賦形的方法)

一套天線系統及建構該(多元陣列天線)系統的方法。給定所需天線系統的方向圖。通過測量，模擬或計算來確定各陣元的基本方向圖，並依據陣元間距對陣元做參數化處理。參數化了的陣元組合起來構成陣列框架。這個陣列框架的偶框架被計算出，並隨即由偶框架及設定的系統方向圖求出各陣元的加權係數。陣列天線系統即按各陣元的加權係數而建構。本發明的陣列框架的天線建構方法保證了波束的高質量，低副瓣，允許非規則的陣元分布，適用於各類線性或平面的陣列構造，適用於時間-空間雙重波賦形，適用於建構多波段天線，並能夠處理成形的天線系統中因陣元饋線的連接或長短不同而導致的各陣元的相位差異。還能夠在陣元特性發生變異時進行實時的陣列

英文發明摘要 (發明之名稱：METHOD AND APPARATUS FOR CONSTRUCTING MOBILE WIRELESS ANTENNA SYSTEMS)

An antenna system and method for constructing said system from a plurality of antenna elements. An antenna system radiation pattern function is specified. The antenna elements are determined by measurement, simulation or calculation and parameterized according to interelement spacing within the array. The parameterized array elements are collected to form a set that is identified with a frame. A dual frame to the element frame is determined and antenna element weights are computed

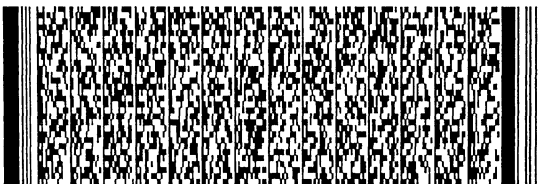


四、中文發明摘要 (發明之名稱：多元陣列天線之建構方法、以及適用於多元陣列天線與複合天線系統的波賦形的方法)

校準。

英文發明摘要 (發明之名稱：METHOD AND APPARATUS FOR CONSTRUCTING MOBILE WIRELESS ANTENNA SYSTEMS)

based on the dual frame and the specified system radiation pattern function. The antenna system is then constructed in accordance with the antenna element weights. The antenna element frame enables high-quality low SLL beams, irregular interelement spacing, arbitrary geometries of linear and planar arrays, time and space arrays, multi-band arrays and inclusion of element phase variations due to differences in element feeds in the constructed antenna system.



六、申請專利範圍

1. 一種多元陣列天線之建構方法，包括下列步驟：

設定天線發射或接收的（放射）波形，即天線系統方向圖；

確定陣列系統中每個陣元的（放射）波形函數，各陣元的波形函數包括陣元的基本方向圖，運作頻率以及至少一個陣元間距參數以確定陣元在陣列中的位置；

確定（至少一個的）陣元間距值；

構造一組函數，其各元素（函數）為各陣元的波形函數，並附加一個條件使得這組函數構成第一組陣列框架；

確定第二組陣列框架，也就是第一組框架的偶框架，這（第二）組框架含有與第一組框架等同的元素（函數）個數；

確定各陣元的加權係數，加權的求算基於第二個框架的各元素（函數）及已設定的天線系統的方向圖；以及

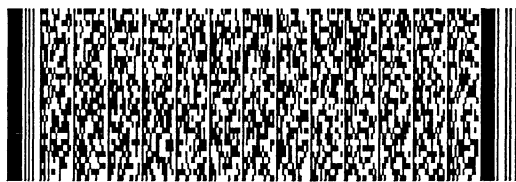
按指定的（至少一個的）陣元間距以及運作頻率下各陣元的加權係數建構這種多元陣列天線。

2. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中陣列系統是陣元組成的線性列；以及

其中間距參數的值（以此使線性陣的各陣元分布元素）為相當的均勻。

3. 如申請專利範圍第2項所述的多元陣列天線之建構方法，其中各相鄰陣元的間距為運作頻率之相應波長的1/2。

4. 如申請專利範圍第2項所述的多元陣列天線之建構



## 六、申請專利範圍

方法，其中各相鄰陣元的間距小於（跟運作頻率相應的）波長的 $1/2$ 。

5. 如申請專利範圍第4項所述的多元陣列天線之建構方法，其中各相鄰陣元的間距為（跟運作頻率相應的）波長的 $1/4$ 。

6. 如申請專利範圍第2項所述的多元陣列天線之建構方法，其中各相鄰陣元的間距基本為均勻的，只不過含有小量的（隨機的）差異。

7. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中間距參數的值使得各陣元的間距為非均勻的。

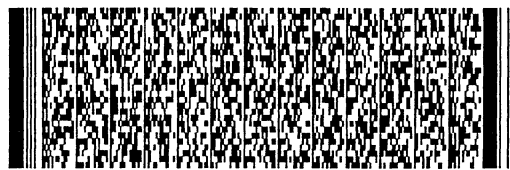
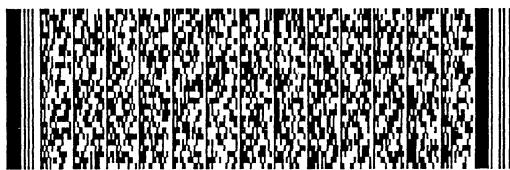
8. 如申請專利範圍第7項所述的多元陣列天線之建構方法，其中一個中央陣元被選為參考元素，而其餘各陣元的間距變得離參考陣元越遠便越偏離原有的均勻分布位置。

9. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中陣列系統是一個陣元組成的線性陣；

其中該線性陣擁有第一及第二個運行頻率，這第一個頻率是第二個頻率的倍數，而每個陣員都有各自的頻率一及頻率二上的波形函數；

並進一步包括：

為每個陣元（依據其在第二頻率上的特性）構造另一組波形函數，其中第一組框架由陣元在第一個工作頻率上的波形函數組構成，而第三組框架由陣元在第二個工作頻率上的波形函數組構成；



## 六、申請專利範圍

確定第四組框架（既第三組框架之偶框架），這第四組框架含有跟第三組框架等同的元素個數；及

根據這第四組框架以及所需天線的系統方向圖為每個陣元確定另一組陣元加權係數；還包括

其中（依據在運作頻率上所確定的各陣元的加權係數來）建構陣列天線系統的步驟包括在第一個頻率上以及在第二個頻率上依據相應的加權係數來建構天線系統。

10. 如申請專利範圍第9項所述的多元陣列天線之建構方法，其中第一個頻率為第二個頻率的二倍。

11. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中每個陣元含有一個相對的相位差，這個相位差對應於各陣元之間任何實際的差異（physical differences）；及

其中這種相對的相位差被轉換成間距參數並納入各陣元的間距參數。

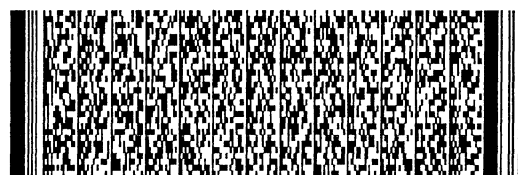
12. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中天線系統是各陣元組成的一種平面陣列；及

其中各陣元間距參數的值使平面陣中相鄰陣元的間距為相當的均勻。

13. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中天線系統為各陣元組成的平面陣；及

其中各陣元的間距參數使得平面陣中各相鄰陣元的間距為非均勻的。

14. 如申請專利範圍第13項所述的多元陣列天線之建



## 六、申請專利範圍

構方法，其中非均勻相鄰間距的平面陣元形式一個圓陣。

15. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中陣元組成一個圓陣；及

其中陣元的間距參數使得各相鄰圓陣的間距沿圓周是均勻的。

16. 如申請專利範圍第1項所述的多元陣列天線之建構方法，其中陣元組成一個圓陣；及

其中間距參數使得圓陣上相鄰陣元的間距沿圓周為非均勻的。

17. 一種適用於多元陣列天線的波賦形的方法，包括下列步驟：

設定天線發射或接收的（放射）波形，即系統方向圖；

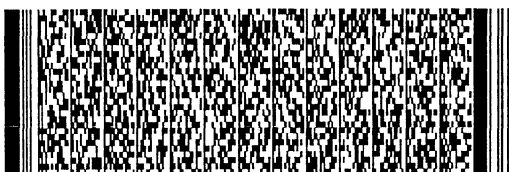
確定陣列系統中每個陣元的放射波形函數，各陣元的波形函數包括陣元的基本方向圖，運作頻率以及至少一個陣元間距參數以確定陣元在陣列中的位置；

確定（至少一個的）陣元間距值；

構造一組函數，其各元素（函數）為各陣元的（放射）波形函數，並附加一個條件使得這組函數構成第一組陣列框架；

根據第二個框架的各元素及預先設定的天線系統方向圖來確定各陣元的加權係數，加權後的各（分布開來的）陣元的波形函數之疊加便生成所需的方向圖。

18. 如申請專利範圍第17項所述的適用於多元陣列天



#### 六、申請專利範圍

線的波賦形的方法，其中確定各陣元加權係數的步驟包括：

把第二個框架表示為一個矩陣，而把天線系統的方向圖表示為一個矢量；及

計算第二個框架矩陣與天線系統方向圖矢量之間的點積（內積）。

19. 如申請專利範圍第18項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中在若干個採樣角度上對天線系統方向圖進行採樣；及

其中天線系統方向圖矢量包含有若干矢量元素，其（矢量元素的）數目取決於採樣角度的點數。

20. 如申請專利範圍第18項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中把第二個框架表示為矩陣的步驟包括：

把第一個框架用矩陣表示出來；

依據第一個框架矩陣來確定框架算子；

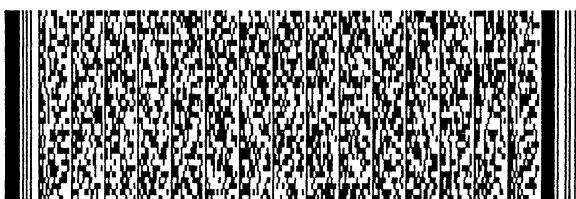
計算框架算子的逆算子；及

計算第二個框架，基於框架算子的逆及第一個框架矩陣。

21. 如申請專利範圍第18項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中把第二個框架表示為矩陣的步驟包括：

把第一個框架用矩陣表示；及

依據第一個框架矩陣求算第二個框架。



## 六、申請專利範圍

22. 如申請專利範圍第21項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中依據第一個框架矩陣計算第二個框架的步驟包括計算第一個框架矩陣的偽逆。

23. 如申請專利範圍第17項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中每個陣元含有一個相對的相位差，這個相位差對應於各陣元之間任何實際的差異 (physical differences)；及

其中這種相對的相位差被轉換成間距參數並納入各陣元的間距參數。

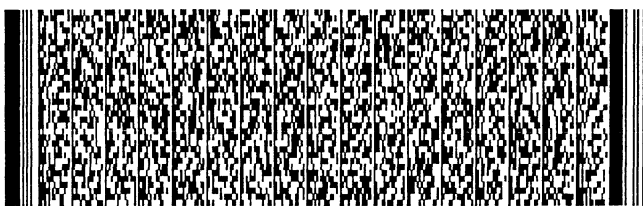
24. 如申請專利範圍第17項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中各陣元的波形函數包含一個時間的參數，其時間參數的作用是確定各陣元何時進入運作；及

其中設定的波束因而 (根據陣元的時間參數) 也含有一個時間變量。

25. 如申請專利範圍第17項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中至少有一個陣元的方向圖不同於其它方向圖。

26. 如申請專利範圍第25項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中至少有一個陣元波形是單向偶極子的方向圖。

27. 如申請專利範圍第17項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中 (至少有一個的) 間距參數的值確定了相鄰陣元間的均勻分布。



## 六、申請專利範圍

28. 如申請專利範圍第17項所述的適用於多元陣列天線的波賦形的方法，其中由於一個或多個陣元的完全或部分壞損，一個或多個陣元的方向圖跟其餘的陣元方向圖相差很大。

29. 一種適用於複合天線系統的波賦形的方法，包括下列步驟：

設定第一和第二個天線系統在給定運作頻率上的發射或接收複合系統方向圖；

找出第一個天線系統在工作頻率上的發射或接收系統方向圖；

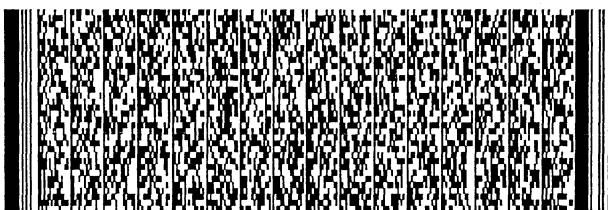
找出第二個天線系統在工作頻率上的發射或接收系統方向圖；

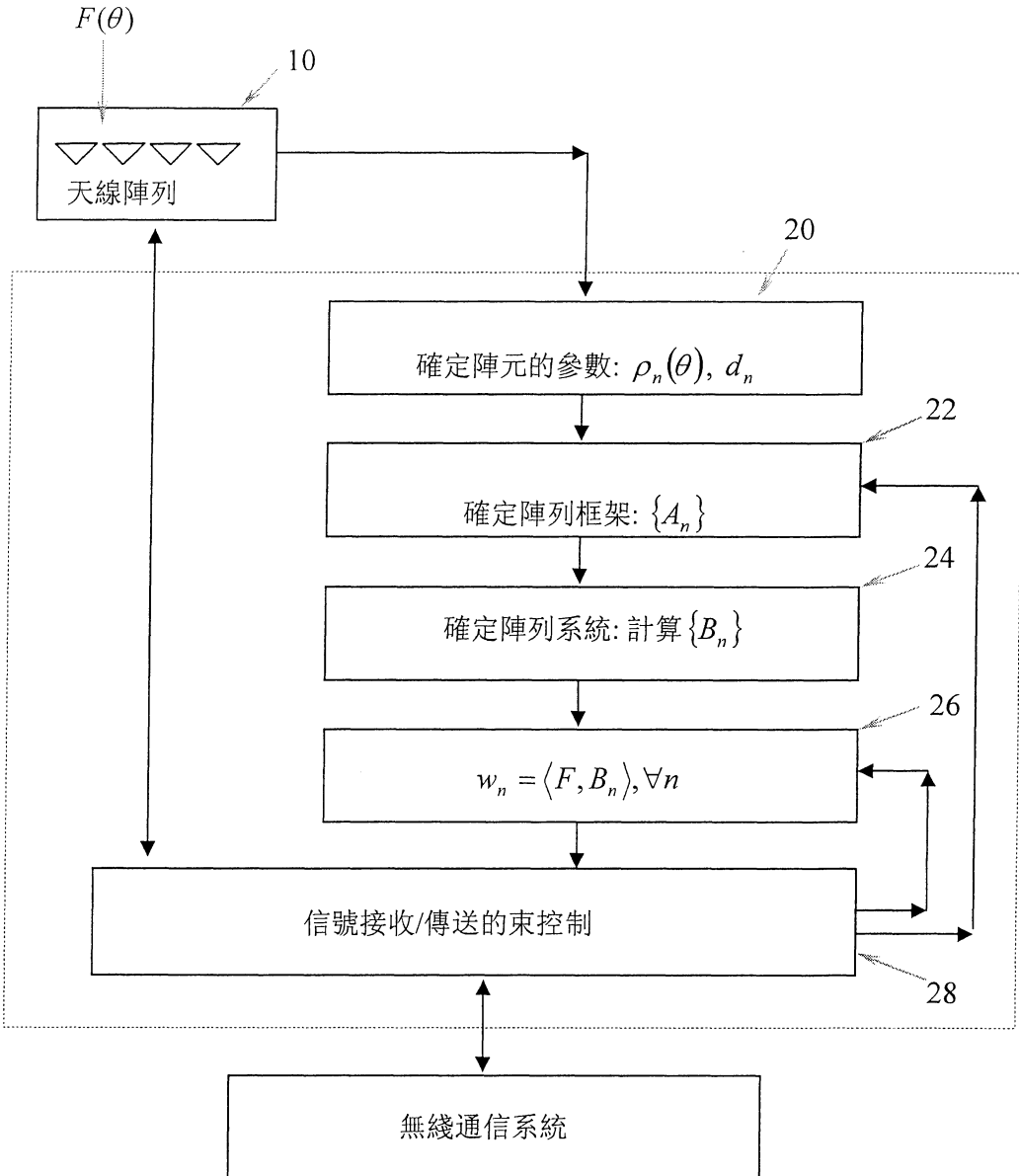
確定第一及第二天線系統之間的間距參數值；

構造第一個（廣義）陣列框架，其中各元素為第一及第二天線系統的波形函數並賦以構成框架的條件；

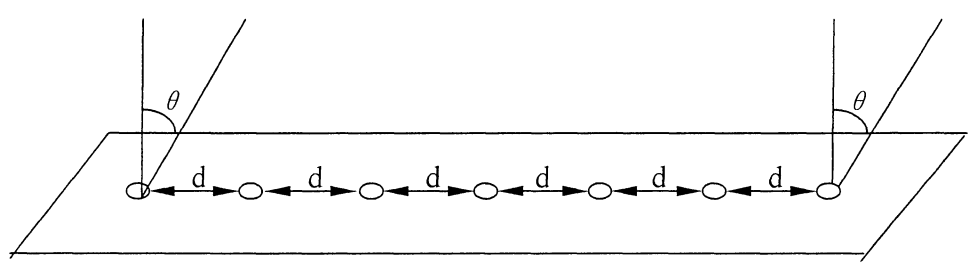
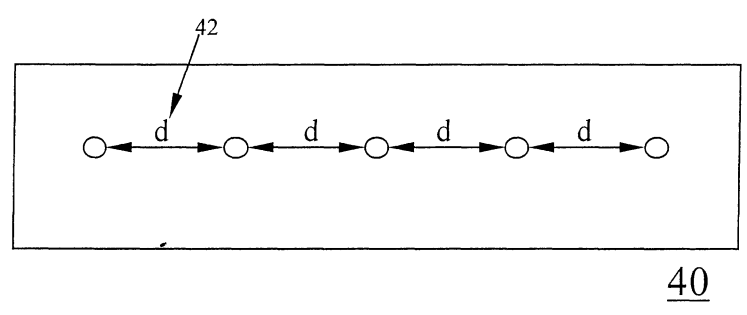
確定第二個陣列框架，其結果是第一個框架的偶框架；及

根據第二個陣列框架以及預先設定的複合系統方向圖，確定各陣列系統的加權系數，把各陣列系統按所求加權合成以生成所需的複合系統方向圖。

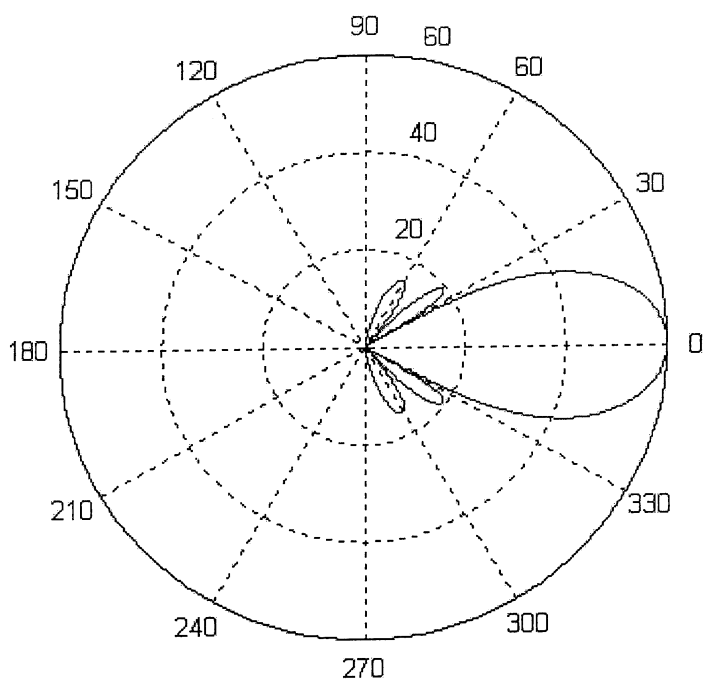




第 1 圖



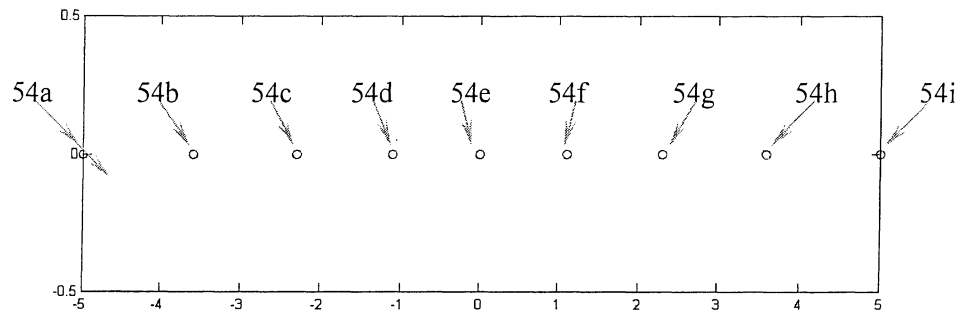
第 2A 圖



50

第 2B 圖

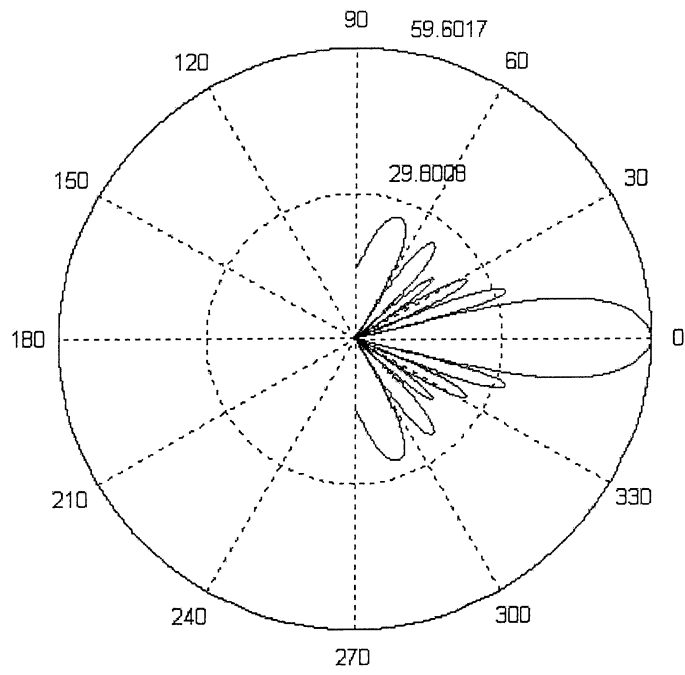
I241738  
93 8 3



52

第 2C 圖

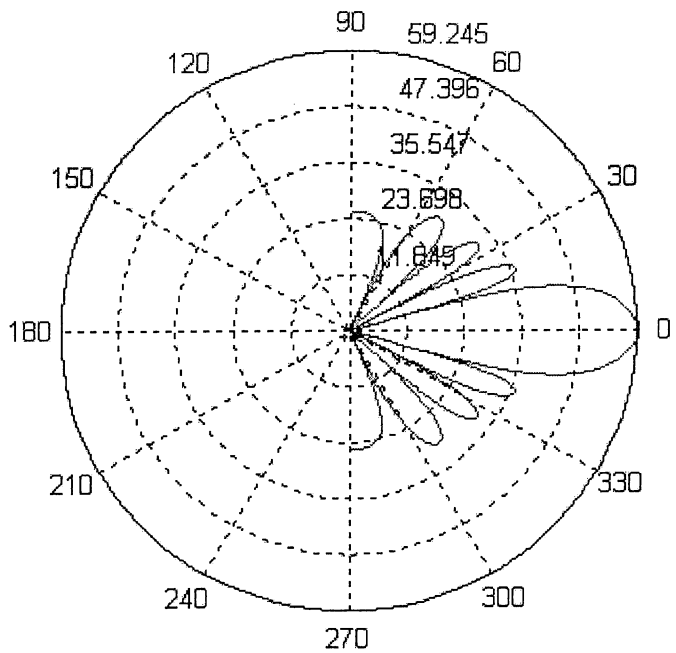
修 頁  
更 1241738  
93 年 8 月 3 日



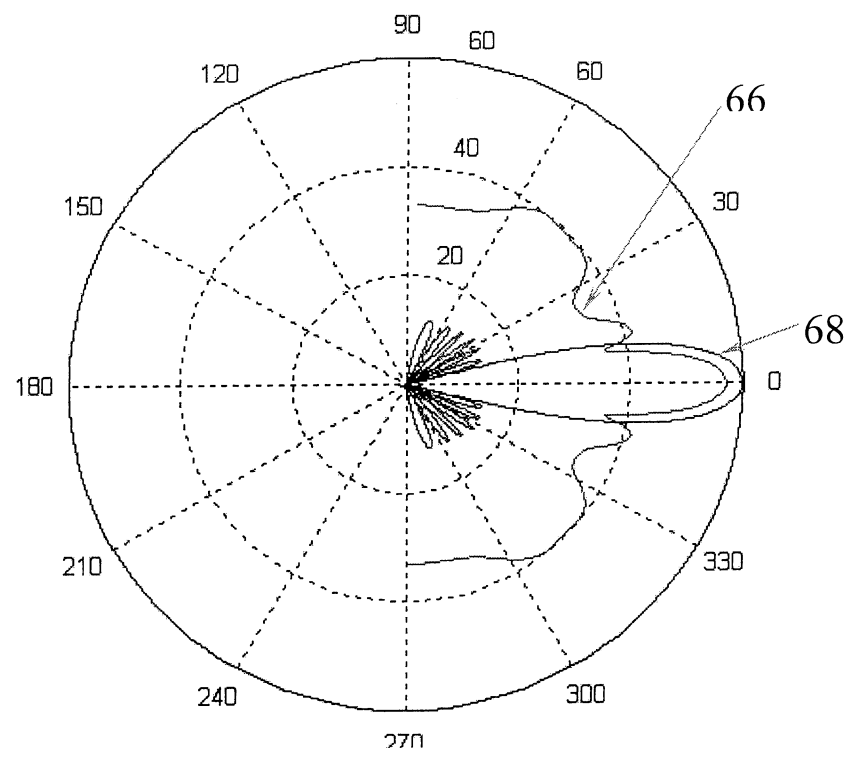
60

第 2D 圖

修正換頁  
\*I241738  
93年8月3日

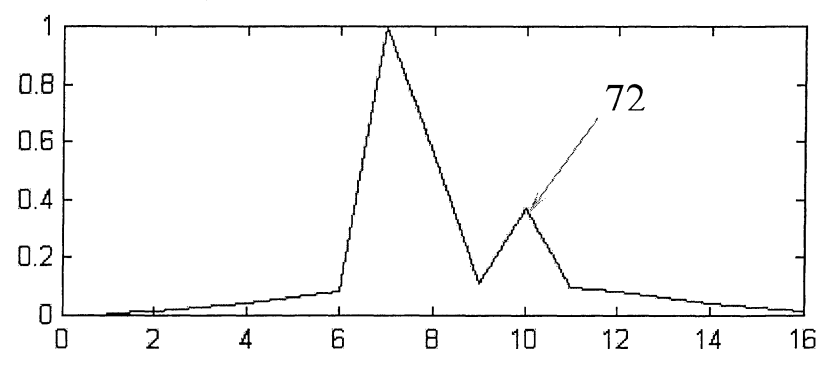
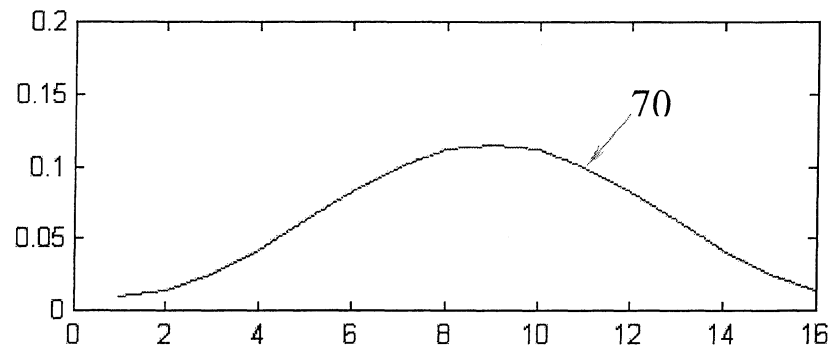


第 2E 圖



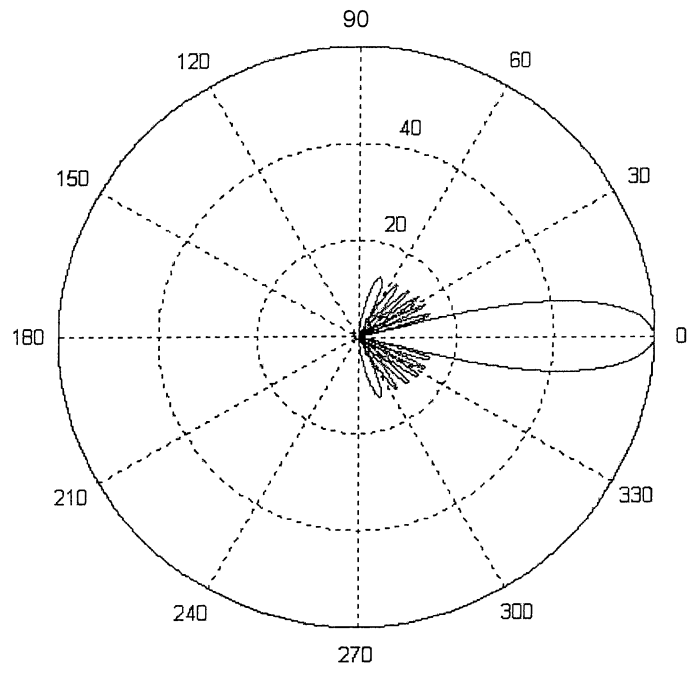
第 2F 圖

修  
I241738  
93年8月3日



第 2G 圖

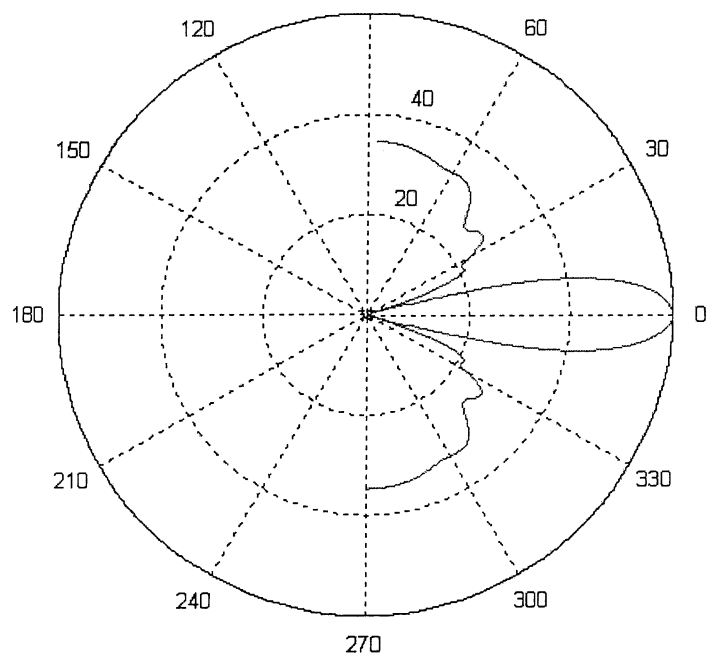
修訂檢核頁  
X1241738  
93年8月3日



74

第 2H 圖

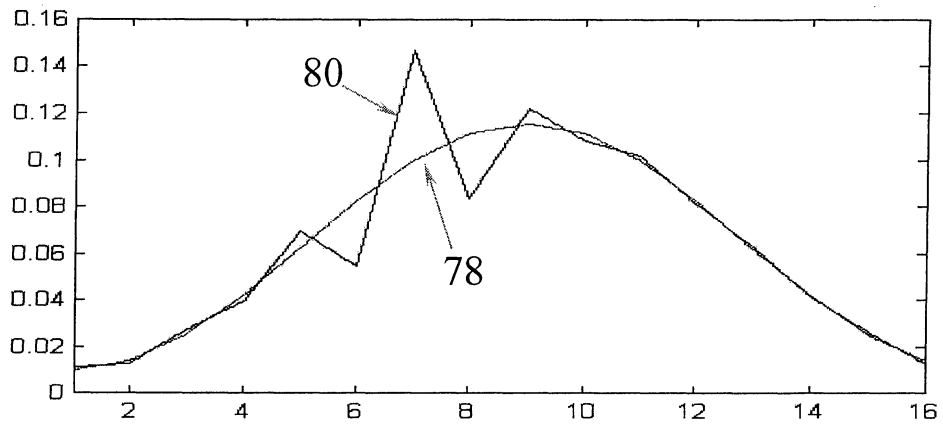
修  
X I241738  
93 8 13



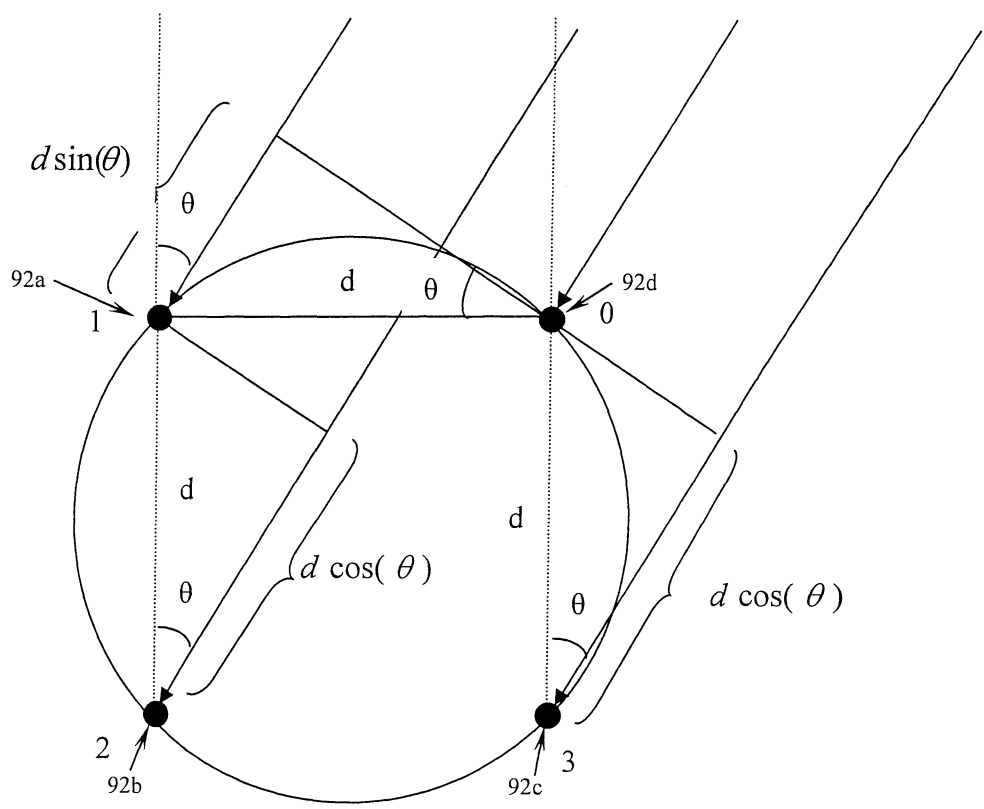
76

第 21 圖

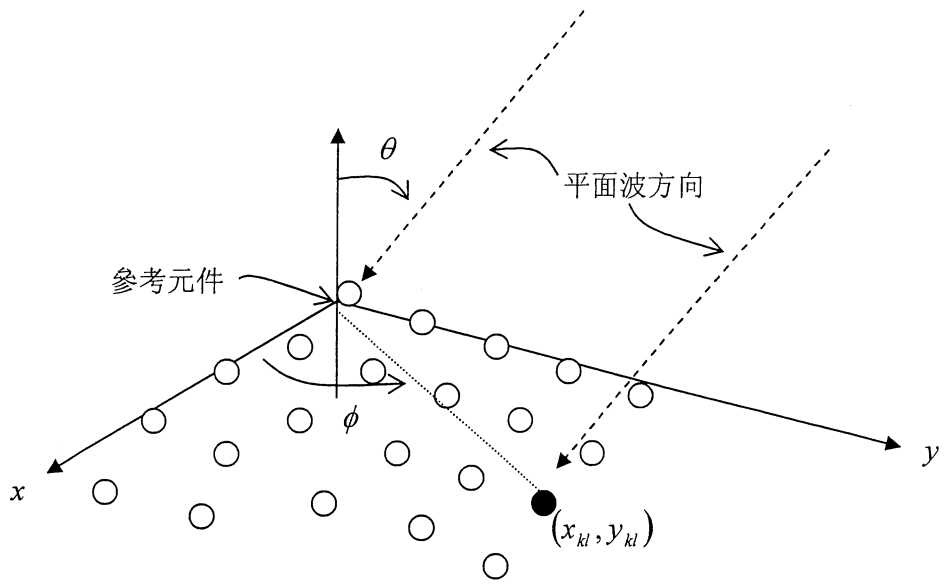
XI241738  
93 8 13



第 2J 圖

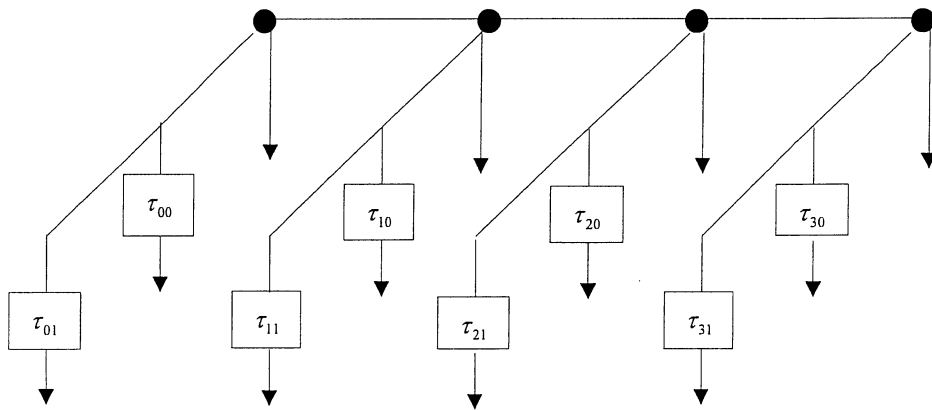


第 3 圖



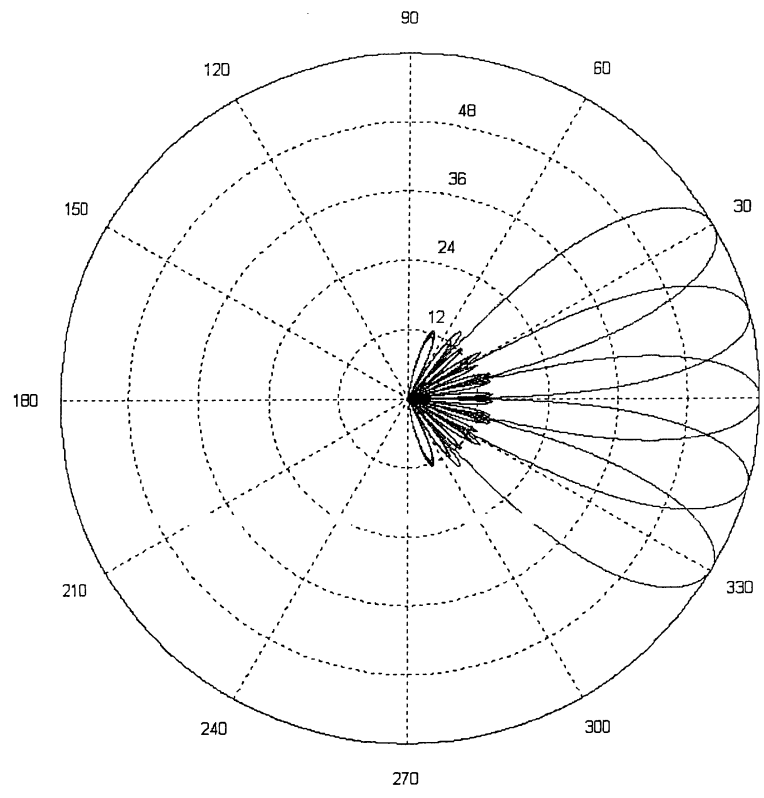
100

第 4 圖



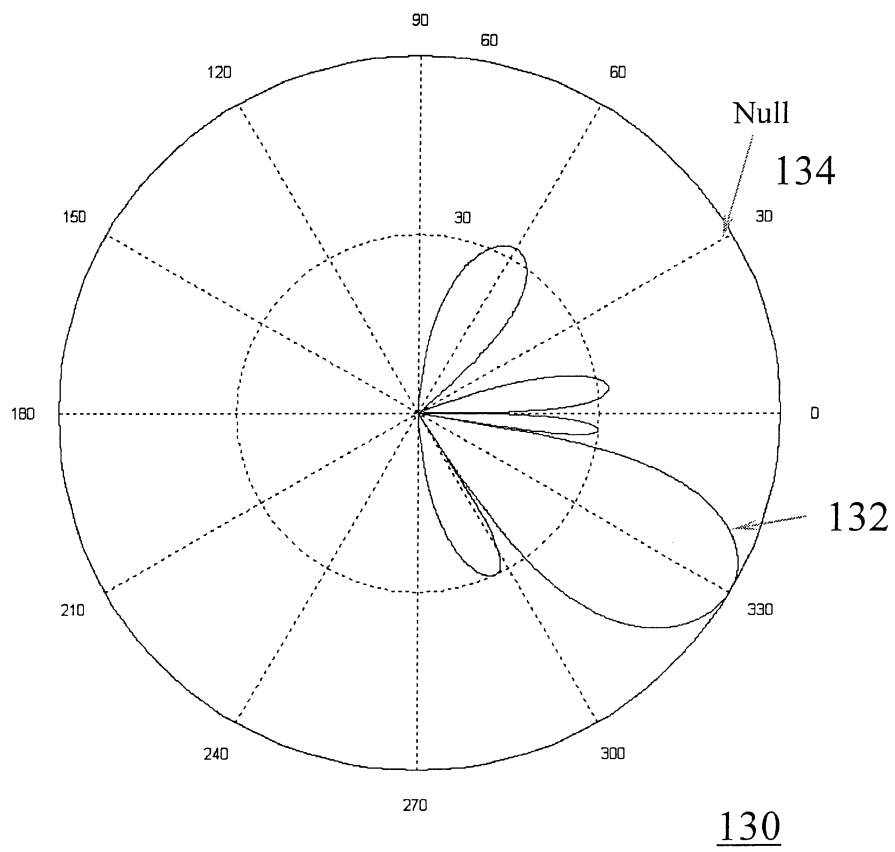
第 5 圖

I241738  
93 8月3日



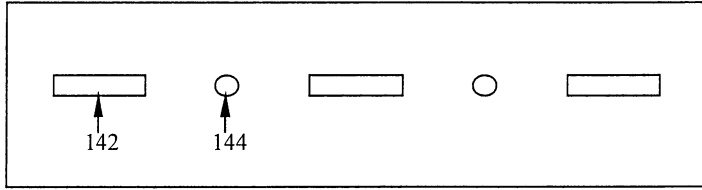
第 6 圖

x I241738  
93 8 13



第 7 圖

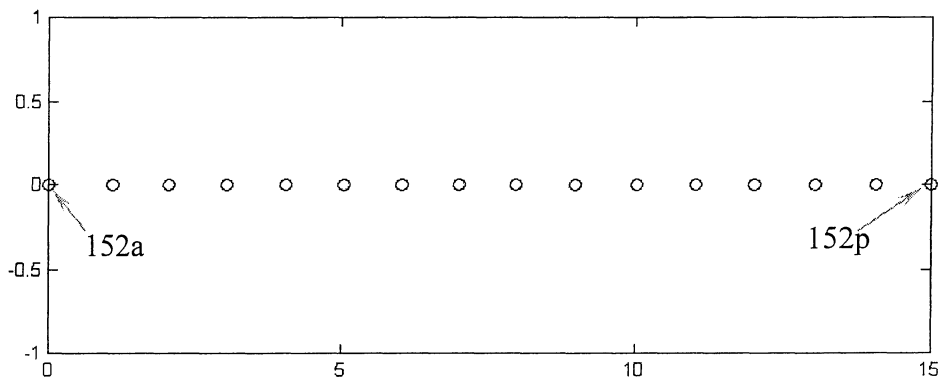
修  
I241738  
93 8 3



140

第 8 圖

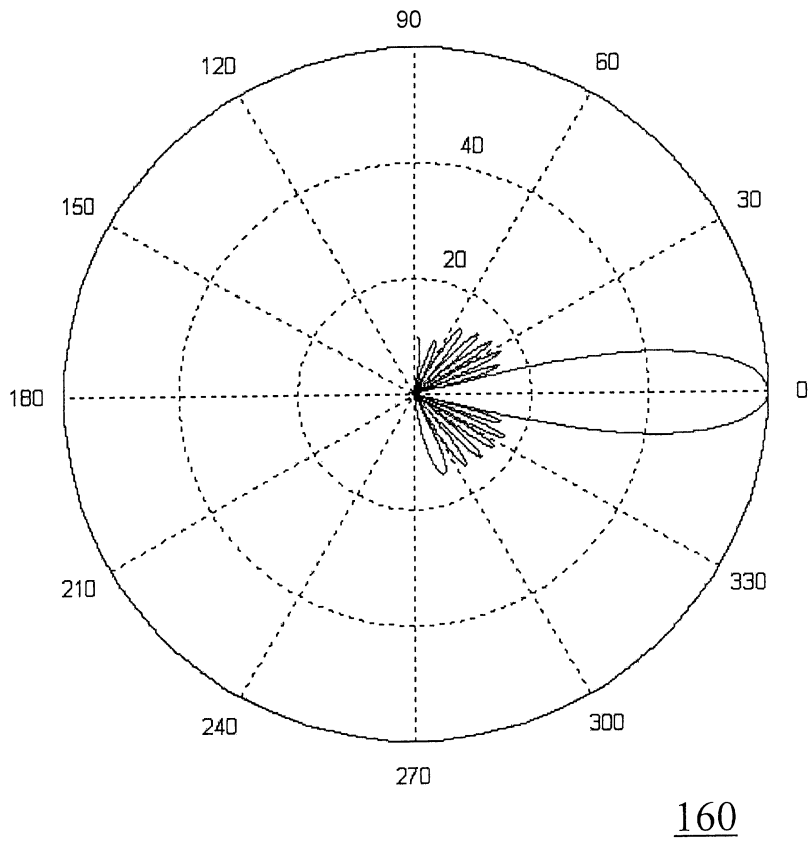
1241738  
93 8 3



150

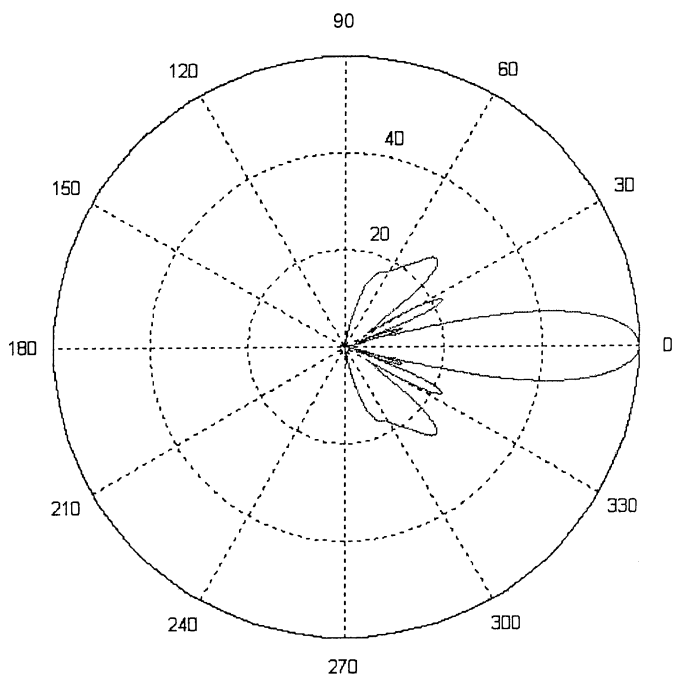
第 9A 圖

修  
1241738  
93年8月3日



第 9B 圖

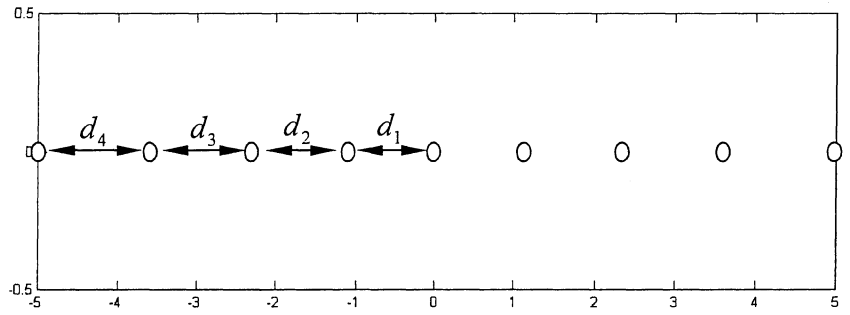
XI241738  
93 8 13



164

第 9C 圖

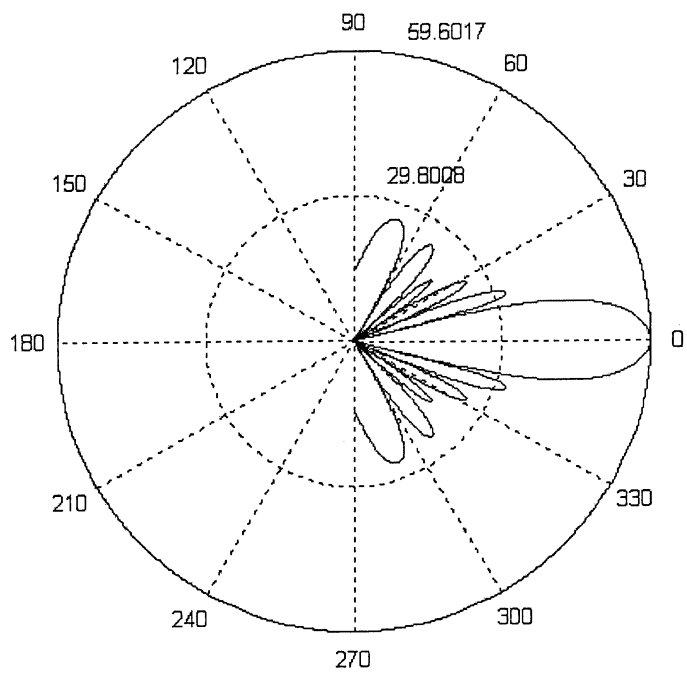
X I241738  
93 P 3



170

第 10A 圖

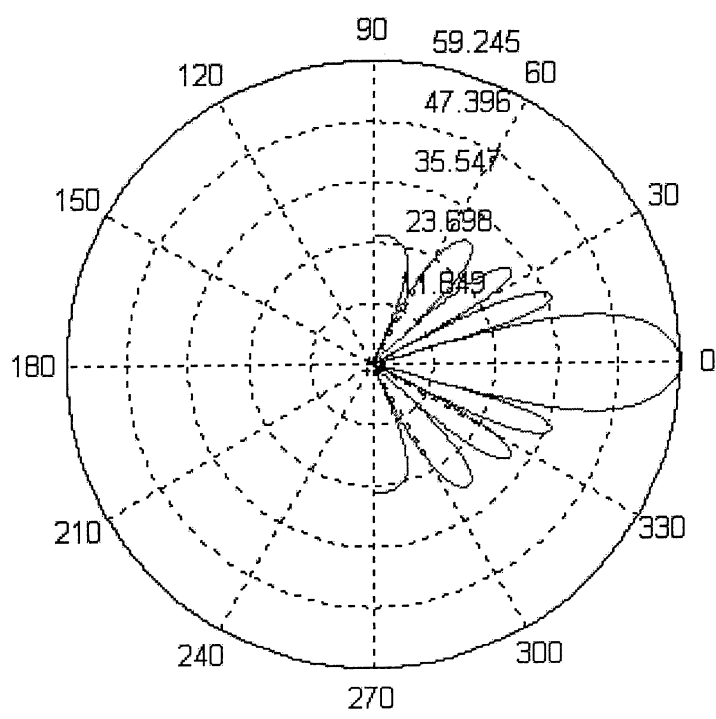
X I241738  
93 8 3



172

第 10B 圖

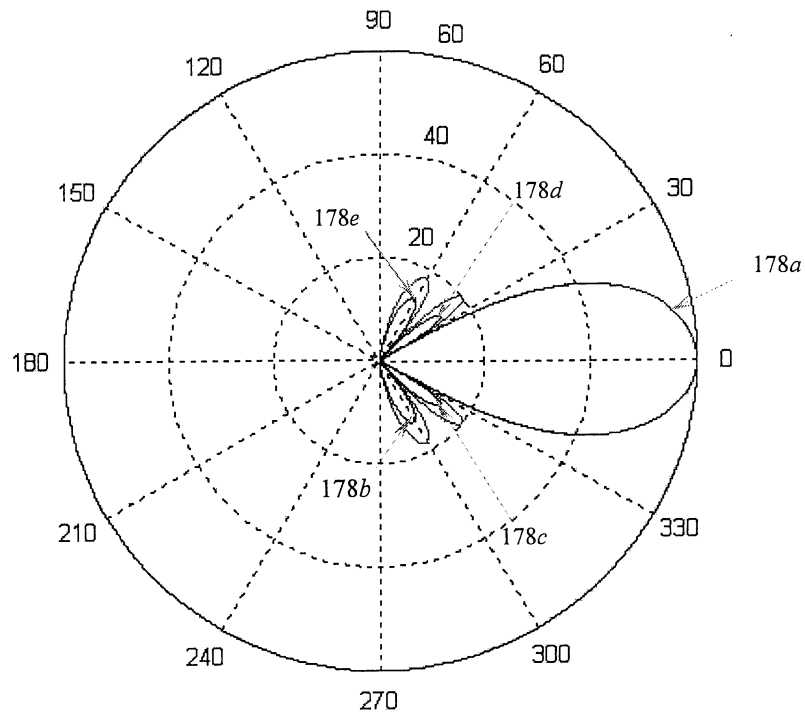
XI241738  
93 8 3



第 10C 圖

I241738

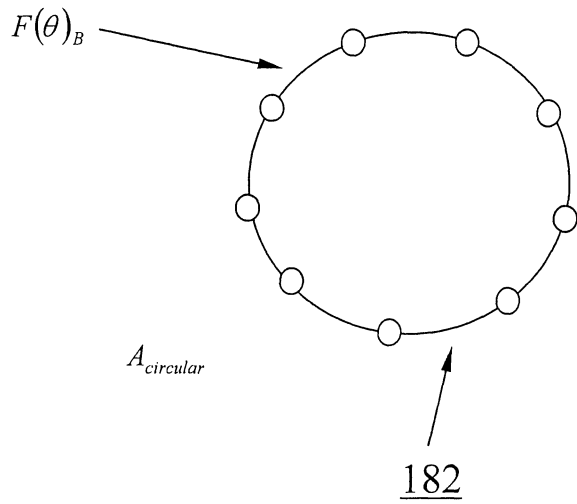
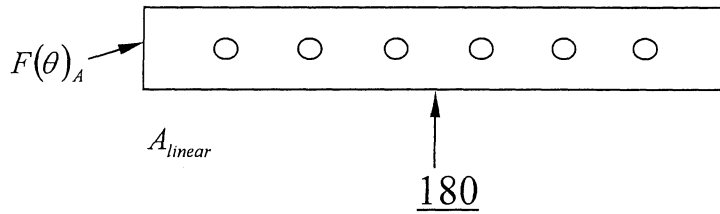
終  
X  
93 8 13



176

第 11 圖

X  
93 8 23



$$F(\theta)_{comp} = \sum_n |A_{n_{PRE}}\rangle \langle B_{n_{PRE}} | F(\theta)_{comp} \rangle$$

第 12 圖