



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公開本

(11)公開編號：TW 201320783 A1

(43)公開日：中華民國 102 (2013) 年 05 月 16 日

(21)申請案號：100140714

(22)申請日：中華民國 100 (2011) 年 11 月 08 日

(51)Int. Cl. : H04W36/00 (2009.01)

H04L7/04 (2006.01)

H04L27/26 (2006.01)

(71)申請人：國立交通大學(中華民國) NATIONAL CHIAO TUNG UNIVERSITY (TW)

新竹市大學路 1001 號

(72)發明人：桑梓賢 SANG, TZU HSIEN (TW)；蔡耀賢 TSAI, YAO HSIEN (TW)

(74)代理人：林金東

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：3 共 18 頁

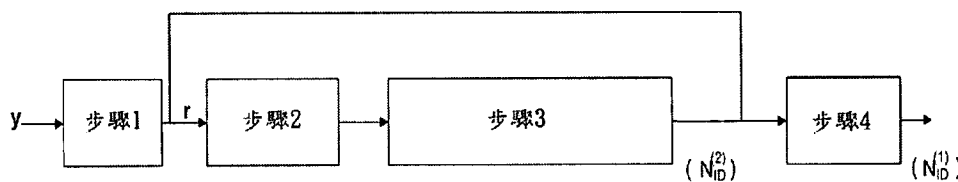
(54)名稱

適用於第三代夥伴計劃長期技術演進通訊系統之時脈同步及細胞搜索方法

A TIMING SYNCHRONIZATION AND CELL SEARCH METHOD FOR 3GPP LTE

(57)摘要

本發明主要在提出一種較佳之時間同步方法和初始細胞搜索流程，應用於以正交分頻多重存取 (OFDMA) 技術為基礎的無線通訊系統，例如應用於 3GPP 長期技術演進標準。本發明之初始細胞搜索流程主要分成四個步驟，第一步驟必須將接收端所接收到的訊號，經過低通濾波器將同步訊號以外的訊號濾掉；第二步驟執行時間同步，利用第二同步訊號的對稱性，對載波頻域偏差具有較不敏感的特性，可以提高時間同步的準確性，找出第二同步訊號，而非如一般去搜尋主同步訊號的起始點；第三步驟利用找到的第二同步訊號的起始點，經過結合循環字首盲檢測與主同步訊號偵測得到主同步訊號的位置和細胞第二編號 ($N_{ID}^{(2)}$)，並解決載波頻率偏移問題，第四步驟則是利用所得到的細胞第二編號進行第二同步訊號的偵測，得到細胞第一編號 ($N_{ID}^{(1)}$)，藉由結合第一編號與第二編號，可以得到完整的細胞編號，細胞搜索也就此完成。



步驟 1：接收信號通過一低通濾波器

步驟 2：對通過該低通濾波器之接收信號施行對稱關聯比對，以找出次要同步頻道之起始點

步驟 3：結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測

步驟 4：及偵測次要同步信號

發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動，※記號部分請勿填寫)

※ 申請案號： 100140714

※ 申請日： 100.11.08

※IPC 分類： H04W 36/00 (2009.01)

H04L 7/04 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

H04L 7/06 (2006.01)

適用於第三代夥伴計劃長期技術演進通訊系統之時脈同步及細胞搜索方法

/A timing synchronization and cell search method for 3GPP LTE

二、中文發明摘要：

本發明主要在提出一種較佳之時間同步方法和初始細胞搜索流程，應用於以正交分頻多重存取 (OFDMA) 技術為基礎的無線通訊系統，例如應用於 3GPP 長期技術演進標準。本發明之初始細胞搜索流程主要分成四個步驟，第一步驟必須將接收端所接收到的訊號，經過低通濾波器將同步訊號以外的訊號濾掉；第二步驟執行時間同步，利用第二同步訊號的對稱性，對載波頻域偏差具有較不敏感的特性，可以提高時間同步的準確性，找出第二同步訊號，而非如一般去搜尋主同步訊號的起始點；第三步驟利用找到的第二同步訊號的起始點，經過結合循環字首盲檢測與主同步訊號偵測得到主同步訊號的位置和細胞第二編號 ($N_{ID}^{(2)}$)，並解決載波頻率偏移問題，第四步驟則是利用所得到的細胞第二編號進行第二同步訊號的偵測，得到細胞第一編號 ($N_{ID}^{(1)}$)，藉由結合第一編號與第二編號，可以得到完整的細胞編號，細胞搜索也就此完成。

三、英文發明摘要：

The invention is a novel timing synchronization method and cell search procedure for wireless communication systems based on OFDMA, such the 3rd Generation Partnership Project (3GPP) Long Term Evolution (LTE). The procedure can be divided into four steps. First, the received signal is passed through a low-pass filter to remove signals outside the interested band. Second, timing synchronization is performed by examining Secondary Synchronization Signal's self symmetric correlation that is immune to carrier frequency offsets (CFO). The property can

improve the accuracy of timing synchronization. Third, in time or in frequency domain, using the detected secondary synchronization signal (SSS) initial position to facilitate the joint blind detection of cyclic prefix (CP) and primary synchronization signal (PSS) for finding out the CP length, PSS position and $N_D^{(2)}$. The CFO problem can also be solved in this step. Finally, secondary synchronization signal (SSS) detection is conducted. After going through the procedure the physical-layer cell identity (Cell-ID) is obtained and cell search is accomplished.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第(1)圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

步驟1：接收信號通過一低通濾波器。

步驟2：對通過該低通濾波器之接收信號施行對稱關聯比對，以找出次要同步頻道之起始點。

步驟3：結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測。

步驟4：及偵測次要同步信號。

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明係有關一種無線通訊方法，尤指應用於正交分頻多重存取系統 (orthogonal frequency division multiple access, OFDMA)，例如由第三代夥伴計劃長期技術演進技術標準所界定正交分時多重存取系統。

【先前技術】

在第三代夥伴計劃長期技術演進 (3GPP LTE, 3rd generation partnership project, long term evolution) 技術標準所界定之正交分頻多重存取系統中，啟動使用者設備 (UE) 電源時，使用者設備必須執行細胞搜索。為避免載波頻率偏差 (CFO) 造成之嚴重干擾，框時脈與半框時脈，以及頻率同步必須精確。因此，為提供良好服務，使用者設備在細胞搜索程序中，須儘快連接至 eNodeB (LTE 界定之基地台)，以降低時間與頻率誤差。

根據長期技術演進 (LTE) 規格，在同步頻道 (SCH) 中共發射有 504 個實體層細胞之識別。SCH 係由主要同步頻道 (P-SCH) 及次要同步頻道 (S-SCH) 所組成。細胞一識別係由實體層細胞識別群 $N_{ID}^{(1)}$ (0 至 167 之範圍) 及細胞一識別群 $N_{ID}^{(2)}$ 內之實體層識別 (0 至 2 之範圍) 所導出。主要同步頻道序號及次要同步頻道序號係分別發射於主要同步頻道及次要同步頻道中，用以載送細胞一識別資訊。同步序號係映對於頻率定義域 DC-副載波附近之 62 副載波上。

在無線通訊系統中，由於 eNodeB 基地台與使用者設備之間的振盪器匹配不良，而產生載波頻率偏差。載波頻率偏差會影響時脈同步的精確度，不精確的初始時脈同步會增加細胞搜索失敗的機率。本發明之目的即在減少載波頻率偏差的影響，提供較佳之時脈同步，達成較佳的細胞搜索性能。

在開始細胞搜索要執行時脈同步時，當載波頻率偏差不大時，目前有數種以關聯操作應用於循環字首 (cyclic prefix, CP) 或主同步訊號的方法 (primary synchronization signal, PSS)。但 eNodeB 基地台與使用者設備之間的振盪器匹配不良若沒小到可適當應用現有的方法，例如，載波頻率偏差大至 50 ppm 時，若仍使用循環字首 CP 或主同步訊號作為第一步驟的時脈同步，由於載波頻率偏差的關係，會產生時脈同步性能不佳且干擾增多，例如，引起符際干擾 (inter symbol interference, ISI)。

由於時脈同步不良亦會導致載波頻率偏差補償不佳，並引起載波間干擾 (inter carrier interference, ICI)。在細胞搜索的下一個步驟中，次要同步信號 (secondary synchronization signal, SSS) 對於符際干擾及內層載波干擾非常敏感。另外，根據正交分頻多重存取的無線通訊，使用者設備必須在初始化時施行細胞搜索，並取得細胞一識別，但由於正交分頻多重存取系統對於時間與頻率誤差的敏感度，因此，時脈誤差最終可能導致細胞識別搜索的失敗。

美國專利號 7, 751, 490 及 Fredrik "E-UTRA 之主要同步信號"，發表於 08, IEEE 10th 國際研討會，提供一種建立通訊系統同步信號之方法，其序列係根據 Zadoff-Chu 序列，即界定一組離散傅立葉頻率係數並轉換成離散時間表示。其方法係利用信號對稱，提供具有共軛對稱之信號可應用於時脈同步。Zadoff-Chu 序列亦可應用於長期技術演進通訊系統之主要同步頻道，但其樣式與美國專利號 7, 751, 490 不同。因此，長期技術演進通訊系統之主要同步頻道為對稱性但並非共軛對稱。若利用主要同步頻道作為時脈同步，且載波頻率偏差大，則時脈誤差也會變大，使細胞搜索的功能變差，如第二圖所示。其模擬

環境為 $\text{CFO}=1.33$ ，並採用長期技術演進通訊空間頻道模式的頻道模式。本發明採用次要同步頻道以取代主要同步頻道，即可避免上述問題。

美國專利號 7,860,193 及 M. Sandell 等表於 IEEE 1995 國際研討會“正交分頻多重存取系統使用循環字首之時脈與頻率同步”(Timing and Frequency Synchronization in OFDM System Using Cyclic Prefix)，其方法主要使用循環字首之對稱特性，利用關聯器以峰值偵測器偵測能量分佈輸出的峰值，並且以預估成分估算符號邊界，作為所偵測峰值能量之函數。

其他先前技術大都採用上述循環字首對稱關聯方法作為細胞搜索步驟。循環字首對稱關聯方法會受到多通道的嚴重影響，其精確度受到質疑。本發明之性能較循環字首方法為佳，如第三圖所示，其模擬環境為 $\text{CFO}=6.65$ ，並採用長期技術演進通訊空間頻道模式的頻道模式。先前技術揭露之步驟程序係假設循環字首之半框起點或循環字首長度為已知，而本發明之細胞搜索方法並不需要先假設框起點或循環字首長度為已知，而且本發明之細胞搜索方法可精確估算框起點或循環字首長度。

【發明內容】

本發明主要目的及優點在於利用長期技術演進標準所界定之次要同步信號，在嚴重的載波頻率偏差的情況，仍可達成初始時脈同步，並減少細胞一識別搜索的失敗。

本發明另一目的在提出一種較佳之時間同步方法和初始細胞搜索流程，應用於以正交分頻多重存取技術為基礎的無線通訊系統。

本發明另一目的在提供一種減少初始時脈同步與頻率誤差的方法，以提高細胞搜索的性能。

【實施方式】

本發明提供一種新穎的時脈同步及細胞搜索方法，供使用於正交分頻多重存取之無線通訊系統。以下說明本發明方法應用於第三代夥伴計劃 (3GPP) 中的長期技術演進 (LTE) 技術標準的實施例。

系統模式：

利用正交分頻多重存取方式將資料傳輸於長期技術演進標準的下行鏈路 (downlink)，以 $s(n)$ 表示所要傳輸之信號

$$s(n) = \frac{1}{N} \sum_{-N/2}^{N/2-1} \alpha_k e^{j\left(\frac{2\pi kn}{N}\right)}, 1 \leq n \leq N$$

其中 α_k 表 k^{th} 副載波上的資料， N 表反向快速傅立葉轉換 (inverse fast Fourier transform, IFFT) 之大小。當傳輸於多路傳遞頻道時，由於發射器與接收器之間的振盪器的調整不當，而受到載波頻率偏差的影響，所接收之信號具有相加性之白色高斯雜訊 (additive white Gaussian noise, AWGN) 及循環字首，可表示為

$$y(n) = \left[s(n) * h(n) + w(n) \right] e^{j\left(\frac{2\pi \epsilon n}{N}\right)}$$

其中 $h(n)$ 係頻道脈衝響應； $w(n)$ 表雜訊； $*$ 表線性旋積 (linear convolution)； ϵ 則係載波頻率偏差 (CFO)，即由副載波空間正規化之頻率匹配誤差。頻道脈衝響應之模式為：

$$h(n) = \sum_{d=0}^{N_d-1} h_d \delta(n-d)$$

其中 d 係延遲時間， h_d 表符合瑞利分布 (Rayleigh-distributed) 之複數路徑係數，其大小依據長期技術演進空間頻道模式 (spatial channel model, SCM) 之功率時間遲延輪廓。

以下係說明第一圖中同步及細胞搜索步驟，第一圖中細胞搜索步驟至少包含以下步驟：

步驟 1：將接收信號通過 1.08MHz 頻寬之低通濾波器。

步驟 2：信號進行自身對稱關聯比對，本發明專注於尋找次要同步頻道之起點，而非主要同步頻道之起點。其計算如下：

$$Q(n) = \sum_{m=1}^{N/2-1} r(n+m)r(n-m+N)$$

$$\hat{n}_{SSS} = \arg \max_n (|Q(n)|)$$

其中 $r(n)$ 表步驟 1 之輸出信號； N 表反向快速傅立葉轉換 (inverse fast Fourier transform, IFFT) 之大小。交叉關聯輸出之大小以 $|Q_u(n)|$ 表示； \hat{n}_{SSS} 表示預估之符號次要同步頻道的起點位置。

步驟 3：在長期技術演進系統中使用兩種循環字首，其中之一為正規循環字首，另一為延伸循環字首。本發明可使用這兩種循環字首，並與偵測主要同步信號同時進行盲目循環字首偵測。分數載波頻率偏差 (fractional carrier frequency offset, FCFO) 偵測與補償係由正規循環字首與延伸循環字首二者引導進行。以循環字首為基之分數載波頻率偏差的補償，於確定循環字首長度後，分數載波頻率偏差之補償即可相應確定。

長期技術演進系統支援兩種框架構：分頻雙工 (Frequency Division Duplexing, FDD) 及分時雙工 (Time Division Duplexing, TDD)。主要同步信號與次要同步信號在此兩種框架構之位置不同，其盲目循環字首偵測的步驟

亦不同。

a. 於分頻雙工中：主要同步信號起始點係位於次要同步信號起始位置另加上一反向快速傅立葉轉換長度及一循環字首長度，其關係表示如下：

$$\hat{n}_{pss}(0) = N_{CP,normal} + N + \hat{n}_{ss}$$

$$\hat{n}_{pss}(1) = N_{CP,extended} + N + \hat{n}_{ss}$$

b. 於分時雙工中：主要同步信號起始點係位於次要同步信號起始位置另加上三倍反向快速傅立葉轉換長度及三倍循環字首長度，其關係表示如下：

$$\hat{n}_{pss}(0) = 3 * N_{CP,normal} + 3 * N + \hat{n}_{ss}$$

$$\hat{n}_{pss}(1) = 3 * N_{CP,extended} + 3 * N + \hat{n}_{ss}$$

$N_{CP,normal}$ 表正規循環字首長度； $N_{CP,extended}$ 係循環字首延伸之長度， N 係反向快速傅立葉轉換長度，及 \hat{n}_{pss} 係主要同步信號起始點。

施行盲目主要同步信號偵測時，可根據兩種循環字首取得主要同步信號符號大小的兩信號塊，並在時間域或頻率域中施行關聯比對。循環字首長度，實體層細胞識羣($N_{ID}^{(2)}$)內之實體層識別，及整數載波頻率偏差可於處理關聯結果中加以測定。

a. 於時間域中：

$$\Phi(\hat{\epsilon}_l, \hat{u}, \hat{m}) = \arg \max_{m=0,1, u=25,29,34, \beta \leq \epsilon_l \leq \beta} \left| \left(\sum_{n=0}^{N-1} y_{pss,m}(n) e^{\frac{j2\pi\epsilon_l n}{N}} \right) \otimes p_u \right|$$

y_{pss} 係時間域中之主要同步信號符號， m 表不同之循環字首種類， $m=0$ 表示使用正規循環字首，而 $m=1$ 表示使用延伸之循環字首。 p_u 表三種已知之主要同步信號時間域序列。 u 係視 $N_{ID}^{(2)}$ 為 0, 1, 或 2 而定，分別為 25, 29 或 34。 ϵ_l 係表整數載波頻率偏差，而 β 則係整數載波頻率偏差之範圍。 \otimes 表圓形關聯。

b. 在頻率域中：

$$\Phi(\hat{\epsilon}_l, \hat{u}, \hat{m}) = \operatorname{argmax}_{m=0,1, u=25,29,34, \beta \leq \epsilon_l \leq \beta} \left| \sum_{k=1}^{61} Y_{pss,m}(k+1-\epsilon_l) Y_{pss,m}^*(k-\epsilon_l) P_u^*(k+1) P_u(k) \right|$$

其中 Y_{pss} 係頻率域中之主要同步信號符號， m 表不同循環字首種類， $m=0$ 表示使用正規循環字首，而 $m=1$ 表示使用延伸之循環字首。 p_u 表三種已知之主要同步信號頻率域序列。 u 係視 $N_{ID}^{(2)}$ 為 0, 1, 或 2 而定，分別為 25, 29 或 34。 ϵ_l 係表整數載波頻率偏差，而 β 則係整數載波頻率偏差之範圍。

步驟 4：在施行次要同步信號偵測之後可測定 $N_{ID}^{(1)}$ ，而實體層細胞識別可由

$$N_{ID}^{cell} = 3N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)} \text{ 獲得。}$$

第二圖係說明主要同步信號對稱方法與本發明所提供方法二者之細胞識別群偵測性能比較，其中 eNodeB 與使用者設備之振盪器匹配不良為 10 ppm。

第三圖係說明循環字首方法與本發明所提供方法二者之細胞識別群偵測性能比較，其中 eNodeB 與使用者設備之振盪器匹配不良為 50 ppm。綜合以上所述，本發明之第三代夥伴計劃長期技術演進通訊系統之時脈同步及細胞搜索方法，利用長期技術演進標準所界定之次要同步信號，在嚴重的載波頻率偏差的情況，仍可達成初始時脈同步，並減少細胞一識別搜索的失敗，實為具有新穎性及進步性之發明，爰依法提出申請發明專利；惟上述說明之內容，僅為本發明之較佳實施例說明，舉凡依本發明之技術手段與範疇所延伸之變化、修飾、改變或等效置換者，應仍屬本發明之專利申請範圍。

【圖式簡單說明】

第一圖係同步及細胞搜索步驟流程圖。

第二圖係主要同步信號對稱方法與本發明所提供方法二者之細胞識別群偵測性能比較圖。

第三圖係循環字首方法與本發明所提供方法二者之細胞識別群偵測性能比較圖。

【主要元件符號說明】

步驟1：接收信號通過一低通濾波器。

步驟2：對通過該低通濾波器之接收信號施行對稱關聯比對，以找出次要同步頻道之起始點。

步驟3：結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測。

步驟4：及偵測次要同步信號。

七、申請專利範圍：

1. 一種正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，至少包含以下步驟：

步驟 1：接收信號通過一低通濾波器；

步驟 2：對通過該低通濾波器之接收信號施行對稱關聯比對，以找出次要同步頻道之起始點；

步驟 3：結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測；以及

步驟 4：及偵測次要同步信號。

2. 根據申請專利範圍第 1 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中細胞搜索步驟係應用於長期技術演進(LTE) 通訊系統或進階長期技術演進通訊系統。

3. 根據申請專利範圍第 2 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中細胞搜索步驟係應用於正交分頻多重存取系統。

4. 根據申請專利範圍第 1 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中接收信號係通過一頻寬 1.08 MHz 之低通濾波器。

5. 根據申請專利範圍第 1 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中對稱關聯比對係執行通過低通濾波器之接收信號之自身對稱關聯比對。

6. 根據申請專利範圍第 5 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中對稱關聯比對係要偵測次要同步頻道之起點：

$$Q(n) = \sum_{m=1}^{N/2-1} r(n+m)r(n-m+N), \quad \hat{n}_{SSS} = \arg \max_n (|Q(n)|)$$

其中 $r(n)$ 表通過低通濾波器之輸出信號； N 表反向快速傅立葉轉換 (IFFT) 之長度； \hat{n}_{SSS} 表示所偵測到符號之次要同步頻道的起點。

7. 根據申請專利範圍第 1 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測之步驟係為補償分數載波頻率偏差，用以偵測得到字首長度，主要同步信號符號位置，分數載波頻率偏差，及細胞識別羣第二編號 ($N_D^{(2)}$)。

8. 根據申請專利範圍第 7 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測，於長期技術演進分時雙工系統中可得符號主要同步頻道之起點如下：

$$\hat{n}_{pss} = 3 * N_{CP} + 3 * N + \hat{n}_{SSS},$$

其中 \hat{n}_{pss} 係符號主要同步頻道起點， N_{CP} 表正規循環字首長度， $N_{CP,extended}$ 係循環字首延伸之長度， N 係反向快速傅立葉轉換長度。

9. 根據申請專利範圍第 7 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測，於長期技術演進分頻雙工系統中可得符號主要同步頻道之起點如下：

$$\hat{n}_{pss} = N_{CP} + N + \hat{n}_{SSS},$$

其中 \hat{n}_{pss} 係符號主要同步頻道起點， N_{CP} 表正規循環字首長度， $N_{CP,extended}$ 係循環字首延伸之長度， N 係反向快速傅立葉轉換長度。

10. 根據申請專利範圍第 7 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測係使用時間域之計算公式：

$$\Phi(\hat{\varepsilon}_l, \hat{u}, \hat{m}) = \arg \max_{m=0,1, u=25,29,34, \beta \leq \varepsilon_l \leq \beta} \left| \left(\sum_{n=0}^{N-1} y_{pss,m}(n) e^{j \frac{2\pi \varepsilon_l n}{N}} \right) \otimes p_u \right|,$$

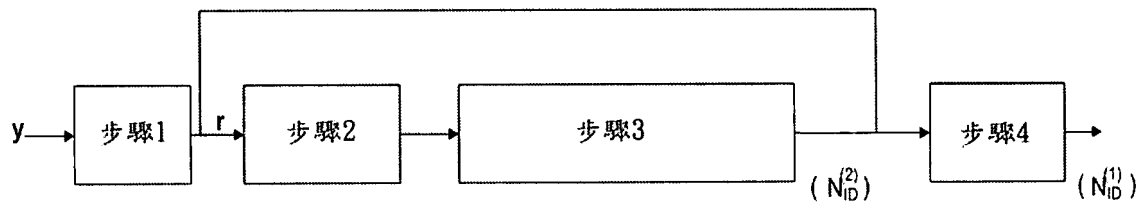
其中 y_{pss} 係時間域中之主要同步信號符號， m 表不同之循環字首種類， $m=0$ 表示使用正規循環字首，而 $m=1$ 表示使用延伸之循環字首； p_u 表三種已知之主要同步信號時間域序列； u 係視 $N_{ID}^{(2)}$ 為 0, 1, 或 2 而定，分別為 25, 29 或 34； ε_l 係表整數載波頻率偏差，而 β 則係整數載波頻率偏差之範圍； \otimes 表圓形關聯。

11. 根據申請專利範圍第 7 項之正交分頻多重存取之無線通訊系統細胞搜索方法，其中結合循環字首長度盲目偵測及主要同步信號偵測係使用頻率域之計算公式：

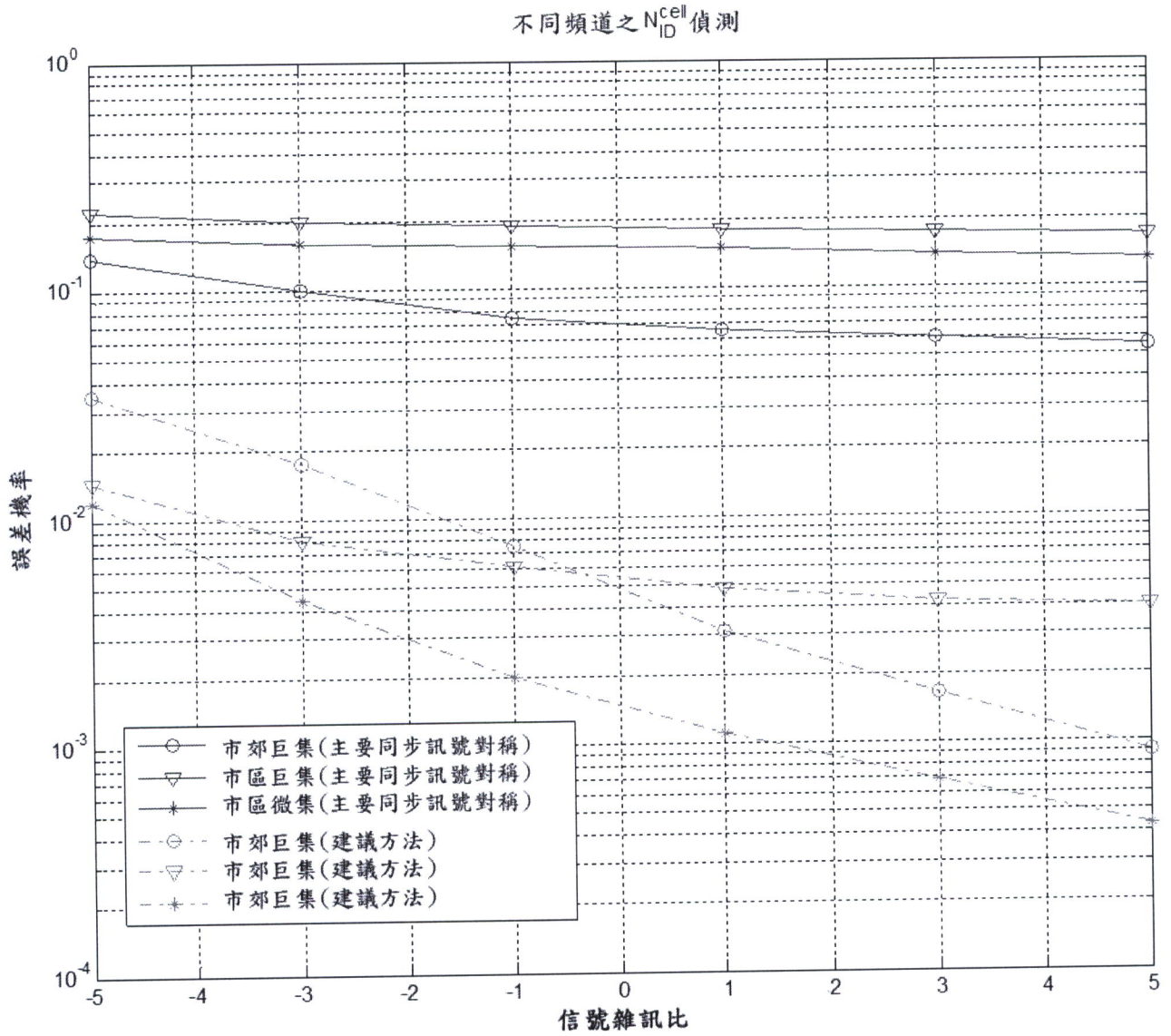
$$\Phi(\hat{\varepsilon}_l, \hat{u}, \hat{m}) = \operatorname{argmax}_{m=0,1, u=25,29,34, \beta \leq \varepsilon_l \leq \beta} \left| \sum_{k=1}^{61} Y_{pss,m}(k+1-\varepsilon_l) Y_{pss,m}^*(k-\varepsilon_l) P_u^*(k+1) P_u(k) \right|$$

其中 Y_{pss} 係頻率域中之主要同步信號符號， m 表不同循環字首種類， $m=0$ 表示使用正規循環字首，而 $m=1$ 表示使用延伸之循環字首； p_u 表三種已知之主要同步信號頻率域序列； u 係視 $N_{ID}^{(2)}$ 為 0, 1, 或 2 而定，分別為 25, 29 或 34； ε_l 係表整數載波頻率偏差，而 β 則係整數載波頻率偏差之範圍。

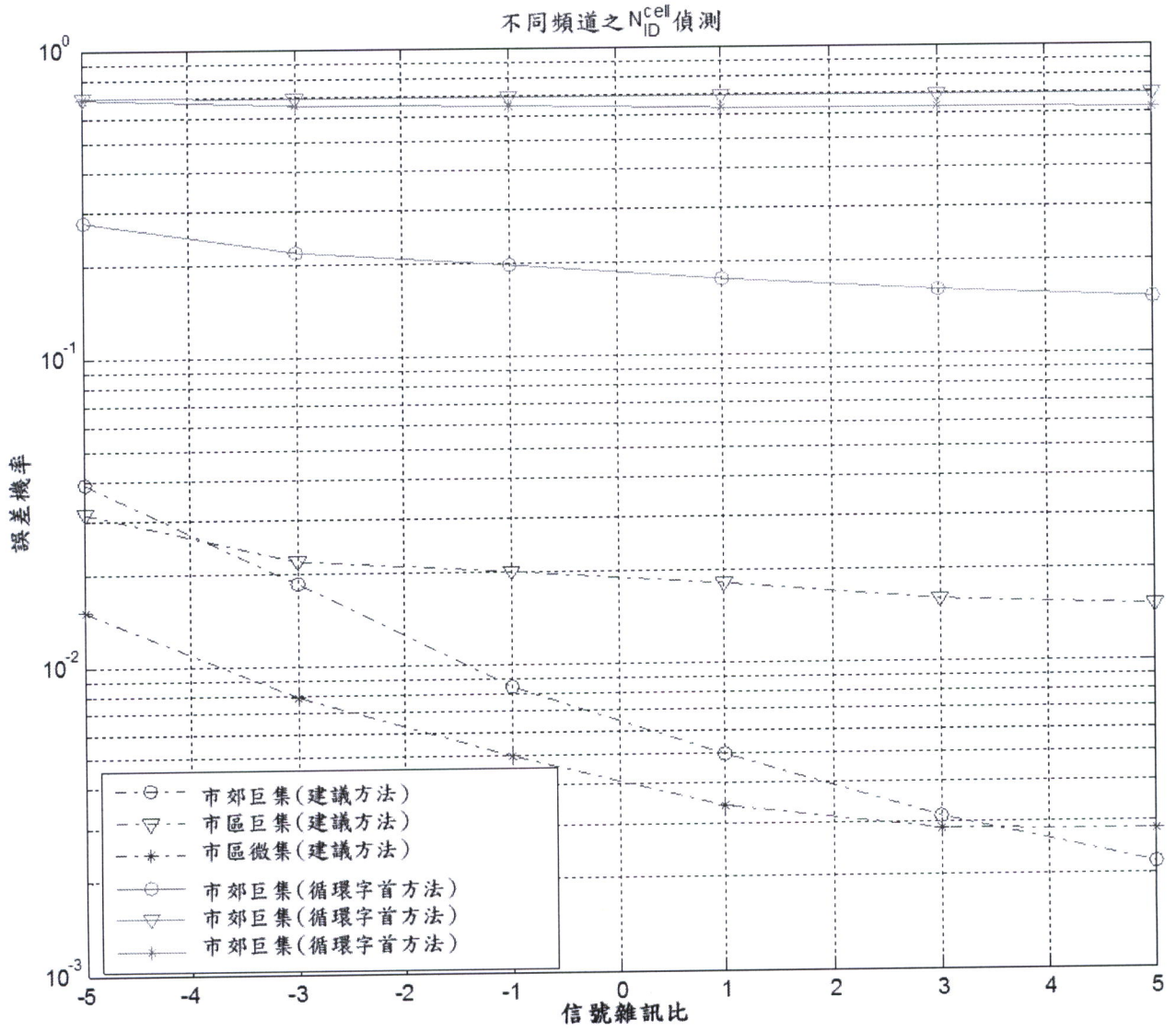
八、圖式：



第 1 圖



第 2 圖



第 3 圖