

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：96136216

※申請日期：96.9.28

※IPC 分類：H03M $1^{3/2}q$ (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

編碼輸入序列時用於執行比特咬尾的編碼器和方法

Tail-Biting TurboM Code for Arbitrary Number of Information Bits

二、申請人：(共 1 人)

姓名或名稱：(中文/英文)

美國博通公司/BROADCOM CORPORATION

代表人：(中文/英文) 狄·韓德森/HENDERSON, DEE

住居所或營業所地址：(中文/英文)

美國加州爾灣市奧爾頓公園路 16215 號 92618-7013

16215 ALTON PARKWAY, IRVINE, CALIFORNIA USA, 92618-7013

國籍：(中文/英文) 美國/U.S.A.

三、發明人：(共 2 人)

姓名：(中文/英文)

1. 巴中·申/Ba-Zhong Shen

2. 塔克·K·李/Tak K. Lee

國籍：(中文/英文)

1-2：美國/U.S.A.

四、聲明事項：

☐ 主張專利法第二十二條第二項 ☐ 第一款或 ☐ 第二款規定之事實，其事實發生日期為： 年 月 日。

☒ 申請前已向下列國家（地區）申請專利：

【格式請依：受理國家（地區）、申請日、申請案號 順序註記】

☒ 有主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

1. 美國；2006 年 9 月 28 日；60/847,773
2. 美國；2006 年 10 月 25 日；11/586,101

☐ 無主張專利法第二十七條第一項國際優先權：

☐ 主張專利法第二十九條第一項國內優先權：

【格式請依：申請日、申請案號 順序註記】

☐ 主張專利法第三十條生物材料：

☐ 須寄存生物材料者：

國內生物材料 【格式請依：寄存機構、日期、號碼 順序註記】

國外生物材料 【格式請依：寄存國家、機構、日期、號碼 順序註記】

☐ 不須寄存生物材料者：

所屬技術領域中具有通常知識者易於獲得時，不須寄存。

九、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及通信系統，更具體地說，涉及在使用 turbo 碼的通信系統中編碼輸入序列時的比特咬尾。

【先前技術】

資料通信系統已經持續發展多年了。近來備受關注的這樣一種通信系統是使用疊代誤差校正碼的通信系統。近年來受到關注的一種通信系統是使用 turbo（渦輪）碼（一種疊代誤差校正碼）的通信系統。對於指定的信噪比，與使用交替碼的通信系統相比，使用疊代碼的通信系統常常可以獲得較低的誤碼率（BER）。

在這個發展領域中，持續的和首要的發展方向就是在通信系統中不斷地降低為實現指定的 BER 的信噪比。理想的目標是在通道中達到香農極限。香農極限可看作在通道中使用的資料率，其具有可獲得在通道中無錯傳輸的指定的 SNR。換句話說，香農極限是對於指定的調製和碼率的通道容量的理論範圍。

Turbo 碼的使用提供了相對較低的誤差率，然而其工作時的吞吐率較小，因此其大量應用在通信通道中雜訊嚴重的通信系統中，在這種通信系統中，實現近乎無誤的傳輸是首要目標。某些適合 turbo 碼的初期應用舞臺是與太空相關的，在此，精確的（理想無錯）通信一般被認為是最重要的設計標準。隨

後，發展的方向朝著發展陸地可用的和用戶相關的應用。儘管如此，沿襲太空相關運用的傳統，turbo 編碼環境的焦點繼續為獲得相關較低的誤碼平臺(Error Floor)，而不是具體地指向獲得更高的吞吐量。

最近地，這個技術的焦點朝著發展 turbo 碼及其變化版本，使其可支援更高吞吐總量，同時在 turbo 碼內容中保留相關較低誤碼平臺。

一般而言，在使用 turbo 碼的通信系統中，通信通道的一段是帶有編碼器功能的第一通信設備，另一端是具有解碼器功能的第二通信設備。在許多實施例中，這兩個通信裝置的一個或兩個包括解碼器和編碼器功能（如雙向通信系統）。

【發明內容】

本發明提供一種操作設備和方法，以下將結合至少多副附圖對其進行詳細描述，並在權利要求書中給出更完整的介紹。

根據本發明的一個方面，提供了編碼輸入序列時用於執行比特咬尾的編碼器，所述編碼器包括：

用於接收輸入序列的緩衝器；

用於接收來自緩衝器的輸入序列並編碼所述輸入序列的 turbo 編碼器；

以及處理模組，基於所述輸入序列，用於確定 turbo 編碼器的狀態和插入到輸入序列的至多一個符號，這樣在編碼輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和在編碼輸入序列的

最末符號或者插入到所述輸入序列的所述至多一個符號之後的 turbo 編碼器的狀態是一樣的，以及其中：

當處理模組確定所述狀態時，所述緩衝器用於向 turbo 編碼器提供輸入序列；

所述 turbo 編碼器所處的狀態是由處理模組在編碼輸入序列的第一符號之前和編碼輸入序列的最末符號或者插入到所述輸入序列的所述至多一個符號之後確定的。

優選地，第一符號和第二符號中的至少一個僅包括一個比特。

優選地，在所述緩衝器向所述 turbo 編碼器提供輸入序列後，所述處理模組用於向 turbo 編碼器的輸入序列提供所述至多一個符號。

優選地，所述編碼器進一步包括：

鑿孔模組，用於在 turbo 編碼器輸出的編碼序列中鑿孔至少一個比特。

優選地，根據輸入序列，所述處理模組用於判定沒有符號需要插入到輸入序列，以確保在編碼輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和在編碼輸入序列的最末符號之後 turbo 編碼器的狀態是一樣的。

優選地，所述編碼器進一步包括：

與所述處理模組相連的記憶體，用於存儲運行指令，所述

指令用於控制所述處理模組基於輸入序列確定所述 turbo 處理器的狀態，使得所述 turbo 處理器處於當編碼輸入序列的第一符號的狀態和所述 turbo 處理器處於當編碼輸入序列的最末符號的狀態。

優選地，所述狀態是第一狀態；

所述輸入序列是第一輸入序列；

所述至多一個符號是第一至多一個符號；

在編碼第一輸入序列的第一符號以前和編碼第一輸入序列的最末符號或已插入到第一輸入序列的所述第一至多一個符號以後，所述 turbo 編碼器處於第一狀態；

且在編碼第二輸入序列的第一符號以前和編碼第二輸入序列的最末符號或已插入到第二輸入序列的所述第二至多一個符號以後，所述 turbo 編碼器處於第二狀態。

優選地，所述 turbo 編碼器是 m 態編碼器，在此 m 是整數；

且至多一個符號插入到輸入序列以協助 turbo 編碼器執行咬尾。

優選地，所述 turbo 編碼器包括交錯器；

並且，如果處理模組判定必需，輸入序列的所有符號，還有插入到輸入序列的所述至多一個符號，在所述 turbo 編碼器的交錯器中經過交錯。

優選地，所述編碼器在通信裝置中實現，且所述通信裝置在至少一個衛星通信系統、無線通信系統、有線通信系統和光纖通信系統中實現。

根據本發明的一個方面，提供了當編碼輸入序列時，用於執行咬尾的編碼器，所述編碼器包括：

turbo 編碼器，用於接收輸入序列且編碼所述輸入序列或所述輸入序列和插入所述輸入序列的至多一個零值符號中的一個；以及

處理模組，基於所述輸入序列，用於確定 turbo 編碼器的初始狀態，且向 turbo 編碼器提供初始狀態，這樣編碼所述輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的初始狀態和編碼輸入序列的最末符號或插入到所述輸入序列的所述至多一個零值符號時 turbo 編碼器的結束狀態相同。

優選地，第一符號和第二符號中的至少一個僅包括一個比特。

優選地，所述編碼器進一步包括：

用於接收輸入序列的緩衝器，其中，

在所述處理模組確定所述編碼器的初始狀態後，所述緩衝器將所述輸入序列發往所述 turbo 解碼器；以及

當處理模組判定必需時，在緩衝器向 turbo 解碼器提供輸入序列之後，處理模組向所述 turbo 編碼器提供所述至多一個

零值符號。

優選地，所述 turbo 編碼器為 m 態編碼器，在此 m 是整數；

且至多一個符號插入到輸入序列以協助 turbo 編碼器執行咬尾。

優選地，所述編碼器在通信裝置中實現，且所述通信裝置在至少一個衛星通信系統、無線通信系統、有線通信系統和光纖通信系統中實現。

根據本發明的一個方面，提供了一種編碼輸入序列時，在編碼器中執行咬尾的方法，所述方法包括：

確定 turbo 編碼器的狀態和插入所述輸入序列的至多一個符號，這樣編碼所述輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和編輸入序列的最末符號或如果需要，編碼插入到所述輸入序列的所述至多一個符號時 turbo 編碼器的狀態相同；以及

turbo 編碼所述輸入序列或所述輸入序列和所述至多一個符號，如果需要，這樣一來在編碼所述輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和編輸入序列的最末符號或如果需要，編碼插入到所述輸入序列的所述至多一個符號時 turbo 編碼器的狀態相同。

優選地，所述方法進一步包括：第一符號和第二符號中的至少一個僅包括一個比特。

優選地，所述至多一個符號包是僅包括一個比特的零值符號。

優選地，所述方法進一步包括：

交錯所述輸入序列的全部符號，包括所述至多一個符號，如果需要，當執行 turbo 編碼之後，插入到所述輸入序列。

優選地，所述方法運行在通信裝置中，且所述通信裝置在至少一個衛星通信系統、無線通信系統、有線通信系統和光纖通信系統中實現。

本發明的各種優點、各個方面和創新特徵以及具體實施例的細節，將在以下的說明書和附圖中進行詳細介紹。

【實施方式】

許多通信系統使用 turbo 碼。當在這樣的 turbo 編碼器中執行輸入序列的編碼時，人們常常希望能夠確保編碼器的開始和/或至少是結束狀態是一個已知的狀態。

在編碼輸入序列的結尾，編碼器可採用某些方法回到已知狀態，所述方法包括：(1) 為具有 2^m 個狀態的分量卷積編碼器（在此 m 為整數），在 turbo 編碼器的交錯器的外部增加 $2m$ 比特，(2) 如名為 "Close two constituent trellis of a turbo encoder within the interleave block"，專利號為 107,085,985 的共同受讓人（commonly assigned）美國專利所提供的方法。

對於指定的輸入序列，當所述編碼器的最初和最後狀態相同時，可稱為咬尾。同樣，對於 turbo 編碼信號的解碼，前向

和後向 turbo 解碼方法依賴於編碼輸入序列生成 turbo 編碼信號過程中編碼器已知的最初和最後狀態。

咬尾終止便是用於此目的的，其在輸入序列編碼的開始和結束時給出相同的狀態。在此示出了一個方法用於執行編碼器的咬尾終止，不增加任何額外的終止符號（或比特）。

雖然一些方法可為具有特定輸入序列塊大小的特定類型的 turbo 碼提供咬尾，但在面對不同的塊大小時，這些方法幾乎全部要重新設計。換句話說，這些方法無法適應輸入序列中任意數量的資訊比特。

在某些應用中，如 LTE 編碼器，人們希望可支援連續整數範圍內的任意數量的資訊比特（如 Rel.16 支援 40-5114 的數目）。如 R1-062157 [I]指出的，對於 1/7 的所有可能資訊序列，Rel.6 turbo 編碼器[2]不能提供咬尾狀態。

在此，首先來說一下所有 turbo 碼都存在的的相似問題。在此提出了詳細的分析用於從所有可能的 8 種狀態的 turbo 碼中選擇咬尾編碼器。接著，提出了新的方法，其能適應所有可能資訊序列並提供咬尾終止，且最多增加一個符號（或比特），該符號能通過 turbo 編碼器的交錯模組。

雖然有很多可使用 turbo 碼的潛在應用，在此提出了可用於 3 GPP 通道碼以支援任意數量的資訊比特的方法。可通過使用本發明方案來支援的比特的數量為例如用於 WCDMA 和

HSDPA 的 40-5114，用於 LTE 的更多的比特。

關於 UTRA-UTRAN 長程演進 (LTE) 和 3GPP 系統架構演進 (SAE) 的其他資訊可以在下列的乙太網網站上找到：

www.3gpp.org

在一個建議的實施例中，當前通道編碼使用 8 狀態 turbo 編碼和附加的 6 個終止比特，並且這 6 個終止比特未通過 turbo 編碼器的交錯。為節省速率損失並改進性能，可將咬尾遞迴卷積編碼器用作 turbo 編碼器的分量編碼器。

然而，很多技術運行在這樣的假想上，對於任意數量的資訊比特，遞迴卷積編碼器不可能具有比特咬尾狀態。

在此，提出了新的方法，通過所述方法可為遞迴卷積編碼器執行咬尾以支援任何數量的資訊比特。這個新方法的開銷或者是不向輸入序列種插入額外的符號（或比特）或者至多插入一個假位元符號（dummy symbol）（或比特）。此外，插入的一個比特也進行交錯。採用這個方法，和其他方法相比沒有性能損耗。

資料通信系統的目標是無錯地或可接受地低誤差率地從一個位置或子系統傳輸數位資料到另一個。如圖 1 所示，資料可在多種通信系統：磁性媒介、有線的、無線的、光纖、銅線和其他種類的媒介中通過多個通道發送。

圖 1 是描述通信系統 100 的實施例的示意圖。

參照圖1，通信系統100的實施例是通信通道199，其通信連接位於通信通道199一端的通信裝置110（包括具有編碼器114的發射器112和具有解碼器118的接收器116）和位於通信通道199另一端的另一通信裝置120（包括具有編碼器128的發射器126和具有解碼器124的接收器122）。在某些實施例中，通信裝置110和120中的每一個可只包括發射器或接收器。通信通道199可通過各種類型的媒介來實現，例如使用衛星碟形天線132和134的衛星通信通道130，使用收發塔142和144和/或本地天線152和154的無線通信通道140，有線通道150，和/或使用電光（E/O）介面162和光電（O/E）介面164的光纖通道160。另外，可使用一種以上的媒介來實現，連接在一起構成通信通道199。

為降低通信系統中不希望的傳輸誤差，常使用糾錯和通道編碼方案。通常，這些糾錯和通道編碼方案包括在發射器中使用編碼器的和在接收器中使用解碼器。

圖2示出了通信系統200的另一實施例。參照圖2，通信系統200包括通過通信通道299與另一裝置290連接的通信裝置210。通信裝置210包括編碼器221且也可包括解碼器。

通過通信通道299與通信裝置210連接的另一裝置290也可為另一通信裝置292，存儲介質294（如在硬碟驅動器（HDD）中），或能接收和/或發送信號的任何其他類型的裝置。在某

些實施例中，通道299是用於在第一時間執行第一信號的發送並在第二時間執行第二信號的接收的雙向通信通道。如果需要，也可使用全雙工通信，在各個通信裝置210和裝置290中，可同時發送和/或接收。

通信裝置210的編碼器221包括turbo編碼器和處理模組230。處理模組230可與記憶體240連接以存儲實現處理模組230執行某些功能的操作指令。通常，基於特定的輸入序列，處理模組230可判斷turbo編碼器應該從哪個狀態開始，以在編碼輸入序列時支援咬尾。

還需要注意的是，處理模組230可按電路精確地實現。可選的，處理模組可在數位信號處理器（DSP）或類似裝置使用的軟體中精確地實現。在其他的一些實施例中，在不脫離本發明精神和範圍的情況下，處理模組230也可又硬體和軟體結合的方式實現。

在其他的一些實施例中，處理模組230可使用共用處理裝置、個人處理裝置或多個處理裝置來實現。這樣一個處理裝置可以是微處理器、微控制器、數位信號處理器、微型計算器、中央處理單元、現場可編程閘陣列、可編程邏輯裝置、狀態機、類比電路、數位電路和/或任何根據操作指令處理信號（數位和/或類比）的裝置。處理，模組230可與記憶體240連接，記憶體240用於存儲當開始編碼輸入序列時，能使處理模組230

執行合適的使用狀態的判定，以確保turbo編碼器220執行咬尾操作的操作指令。

這樣一個記憶體240可為單個存儲裝置或多個存儲裝置。這樣一個記憶體240可為唯讀記憶體、隨機訪問記憶體、靜態記憶體、動態記憶體、快閃記憶體和/或可存儲數位資訊的任何記憶體。應注意到，當處理模組230通過狀態機、類比電路、數位電路和/或邏輯電路執行一個或多個功能時，記憶體存儲的相應操作指令將與包括狀態機、類比電路、數位電路和/或邏輯電路的電路一起植入。

在編碼器221中，turbo編碼器220用於接收輸入序列並編碼(1)所述輸入序列，或者編碼輸入序列並在其中插入至多一個零值符號（或比特）。

基於所述輸入序列，處理模組230用於判定turbo編碼器220的初始狀態，為turbo編碼器220提供所述初始狀態，這樣在編碼輸入序列的第一符號之前turbo編碼器220的初始狀態和編碼輸入序列的最末符號或插入所述輸入序列的所述至多一個零值符號時turbo編碼器220的狀態是相同的。

圖3和圖4示出了執行turbo編碼的通信裝置300和400的實施例。

參照圖3，通信裝置300包括當使用turbo碼編碼輸入序列時，用於執行咬尾的編碼器。通信裝置300包括緩衝器310、處

理模組330、turbo編碼器320，以及還包括記憶體340和鑿孔模組350。

緩衝器310用於接收將要用於編碼的輸入序列。Turbo編碼器320用於接收來自緩衝器310的輸入序列並編碼所述輸入序列。基於所述輸入序列，處理模組330用於判定turbo編碼器320的狀態和插入到輸入序列中的至多一個符號，這樣在編碼輸入序列的第一符號之前turbo編碼器320的初始狀態和編碼輸入序列的最末符號或編碼插入所述輸入序列的所述至多一個零值符號時turbo編碼器320的結束狀態是相同的。換句話說，Turbo編碼器320用於接收來自緩衝器310的輸入序列，編碼參考標號301所標識的輸入序列或由參考標號302標記的插入的至多一個零值符號（或比特）。當至多一個零值符號（或比特）插入到輸入序列時，修正的輸入序列可看作擴展的輸入序列302。

當處理模組判定狀態時，緩衝器310用於向turbo編碼器320提供輸入序列，並且turbo編碼器320所處的狀態由處理模組在編碼輸入序列的第一符號之前和編碼輸入序列的最末符號或插入所述輸入序列的所述至多一個零值符號之後判定。如果需要，鑿孔模組350用於在turbo編碼器303輸出的編碼序列中鑿孔一個或多個比特。

參照圖4，通信裝置400使用包括第一分量編碼器411和第二分量編碼器412，交錯器（ π ）410和鑿孔模組450的turbo編碼

陣列。讓 $u_0, u_1, \dots, u_{k-1}$ 為輸入到turbo碼的編碼器其中之一（如第一分量編碼器411）的輸入序列（參考如u401），使得 $S_0, S_1, \dots, S_k$ 為對應狀態序列。當且僅當 $S_0 = S_k$ 時，編碼是用於這個指定資訊序列的咬尾（或電路）。

向第一分量編碼器411和交錯器（ π ）410提供輸入序列401。第一分量編碼器411的輸出如c1 421所示。提供交錯器（ π ）410的輸出到第二分量編碼器412，第二分量編碼器412的輸出如c2 422所示。c1 421和c2 422的每個都提供給鑿孔模組431，在此鑿孔c1 421和/或c2 422的0、1或更多比特以生成輸出c'1 431和c'2 432。如u 401在示意圖頂部顯示的資訊比特，也能作為通信裝置400的輸出使用。

圖5示出了在不同類型的turbo編碼之間的性能比較500的實施例。在這個公開示例中，在測定BER(比特誤差率)與 E_b/N_0 （每個比特能量 E_b 與光譜雜訊密度 N_0 的比）之間關係的情況下描述性能示意圖。在一些其他的通信系統應用中，性能可通過BER(比特誤差率)和 E_b/N_0 來表示。術語 E_b/N_0 是數位通信系統中SNR（信噪比）的測量。在觀察這些性能曲線時，對於任何指定的 E_b/N_0 （或SNR）都可確定BER，從而提供解碼過程中性能的相對簡明的陳述。

從[3]引用的圖5中的性能曲線顯示了採用咬尾編碼的好處。此圖中描述了一些不同的編碼，包括傳遞函數束縛(transfer

function bound) (如參考標號510所示)，未編碼BPSK (二進位相移鍵控) (如參考標號511所示)，編碼BPSK (如參考標號513所示，圈定3條編碼BPSK性能曲線)，具有未知起始和結束狀態的VA (維比特演算法) 解碼器 (如參考標號501所示)，具有使用6-比特來終止所述編碼器的VA解碼器 (如2個分量編碼器各3比特) (如參考標號512所示)，VA BCJR (Bahl-Cocke-Jelinek-Raviv) 演算法3 (如參考標號504所示) 和咬尾VA解碼器503。

圖6示出了能在turbo編碼器中實現的Rel.6的第一分量編碼器600的實施例。

在此使用了如[4-6]中所述的卷積編碼器的狀態空間實現的定義。根據這個實現咬尾最小編碼器的充要條件，在此提出了一種新的方法適應任意數量的資訊序列。

考慮速率為 k_0/n_0 的m次卷積編碼器，令輸入序列如下：

$u=(u_0 \text{ K } u_{N-1})$ 在此， $u_i=(u_{i,k_0-1,\Lambda}, u_{i,0})$ 且輸出序列 $x=(x_0, \dots, x_{n-1})$ 在此 $x_i=(x_{i,n_0-1,\Lambda}, x_{i,0})$ 。

此外，令 $S_t=(S_{m-1}^{(t)}, \dots, S_0^{(t)})$ 為t時態的編碼狀態。那麼存在被稱為編碼器狀態空間實現的 $m \times m$ 矩陣A， $m \times k_0$ 矩陣B， $k_0 \times m$ 矩陣C， $k_0 \times n_0$ 矩陣D，如，

$$S_t^T = (S_{m-1}^{(t)}, K, S_0^{(t)}) = A(S_{m-1}^{(t-1)}, K, S_0^{(t-1)}) + Bu_t^T = AS_{t-1}^T + Bu \quad (\text{公式1})$$

且 $x_t^T = CS_{t-1}^T + Du_t^T$ 。這個卷積編碼器的生成矩陣為

$$C(A, B, C, D) = G(x) = D + C(x^{-1}I_m - A)^{-1}B \quad (\text{公式2})$$

實例1認為圖6中描述了Re1.6 turbo編碼器中的卷積編碼器。編碼器有3次且 $S'_0 = S_2^{t-1} + S_1^{t-1} + u_t$, $S'_1 = S_0^{t-1}$, $S'_2 = S_1^{t-1}$, 如

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, B = \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, C = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, D = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

在[7]中，給出了用於具有指定塊大小的任何資訊序列編碼器實現咬尾的充分條件。以下，我們證明了這個條件對於最小次數的編碼器是必要的（如狀態數目不能再減少）。

定理1 令矩陣 (A, B, C, D) 為具有最小次數m的卷積編碼器的狀態空間實現。當且僅當 $A^N + I_m$ 是可逆轉時，這個編碼器可用於塊大小 $N \geq m$ 的任何資訊序列咬尾。

證明，令 $u = (u_0 \text{ K } u_{N-1})$ 為數目為N的任何資訊序列。令 $(S_{m-1}^{(N)}, K, S_0^{(N)})^T$ 為使用指定資訊序列的編碼最終狀態，與公式1比較，我們得到

$$(S_{m-1}^{(N)}, K, S_0^{(N)})^T = A^N (S_{m-1}^{(0)}, K, S_0^{(0)})^T + \sum_{r=0}^{N-1} A^{N-1-r} B u_r^T$$

這樣，當且僅當 $(S_0^{(N)}, K, S_{m-1}^{(N)}) = (S_0^{(0)}, K, S_{m-1}^{(0)})$ 時，編碼對於指定序列是咬尾的。這表示當且僅當有線性方程系統的解決方法時，編碼對於指定序列是咬尾的。

$$(A^N + I_m)(S_0^{(0)}, K, S_{m-1}^{(0)})^T = \sum_{r=0}^{N-1} A^{N-1-r} B u_r^T \quad (\text{公式3})$$

在此 I_m 為 $m \times m$ 二元單位矩陣，另一方面，通過[6]。當且僅當m矩陣 $B, AB, \dots, A^{m-1}B$ 為線性無關時，次數m為最小。這表

示當對於所有數目為 N 的可能輸入次序有 $N \geq m$ 時， $\sum_{r=0}^{N-1} A^{N-1-r} B u_r^T$ 能溢出整個空間 $\{0,1\}^m$ 。這表示當且僅當 $A^N + I_m$ 是可逆時，(公式3)可用於解決所有可能的資訊序列。

不存在用於任何turbo碼的咬尾狀態

定理2 給出對於最小次數分量編碼器的任何turbo編碼器 E ，存在這樣的正整數 P ，使得 E 沒有給出用於某些數目為 $tP(t > 0)$ 的資訊序列的咬尾終止。

證明，令 (A, B, C, D) 為具有 2^m 狀態的指定turbo碼的卷積編碼器的狀態空間實現。因為存在有限數目的 $m \times m$ 二元單位矩陣，在此存在兩個正整數 u 和 v ，使得 $A^u = A^v$ 。假設 $u < v$ ，那我們獲得 $A^u(A^{(v-u)} + I_m) = 0$ ，令 $P = v - u$ ，我們得到

a) A^u 和 $A^P + I_m$ 都是不可逆的

b) A^u 可逆，但 $A^P + I_m = 0$ (如不可逆)

c) $A^P + I_m$ 可逆，但 $A^u = 0$ 。這表示， $G(x) = D + B(x^{-1}I_m - A)^{-1}C$ 為多項矩陣[8]。因而，編碼器是非遞迴的。這與turbo碼的實際定義矛盾[9]。

因此， $A^P + I_m$ 必須為非遞迴的，此外對於任意整數 $t > 0$ ，假設

$A^{tP} + I_m = (A^P + I_m)(A^{(t-1)P} + A^{(t-2)P} + \Lambda + I_m)$ 是可逆的。那麼存在這樣的 $m \times m$ 矩陣 V 使得

$$(A^P + I_m)(A^{(t-1)P} + A^{(t-2)P} + \Lambda + I_m)V = I_m$$

也就是說 $A^p + I_m$ 是可逆的，其與先前的結論矛盾。因此， $A^{tp} + I_m$ 也是不可逆的。這樣通過定理1，turbo編碼器沒有給出用於某些數目為 tp 的資訊序列的咬尾。

根據定理2，不需選擇用於咬尾目的的其他turbo碼。

8狀態 (m=3) turbo碼

在這個情況下，我們研究所有可能用於turbo碼的3次卷積編碼器，並試圖找出哪一個最適合咬尾。讓我們回顧兩種 $m \times m$ 矩陣的類似處。兩個 $m \times m$ 矩陣 A_1, A_2 是相似的，如果存在這樣的可逆矩陣 S ，如 $A_1 = SA_2S^{-1}$ 。容易證明具有狀態空間實現 (A, B, C, D) 和 $(SAS^{-1}, SB, CS^{-1}, D)$ 的碼具有同樣的編碼器矩陣 $G(x)$ (也可見[10])。所有的 3×3 矩陣組可分割為多類，每類包括所有相似的矩陣。這些類也可分為3大類，即 (1) 冪零矩陣類，(2) 不可逆且冪不為零類，(3) 可逆矩陣類。實際上，有14類。因此，我們只需考慮可代表各個類的14個矩陣。

(1) 冪零矩陣 (3個代表)

$$A_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, A_2 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, A_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

明顯地，這些矩陣是不可逆的並將不能看作是turbo碼的分量編碼器。

(2) 不可逆且冪不為零 (5個代表)

$$A_4 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad A_5 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad A_6 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad A_7 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

使用這些4狀態矩陣的編碼器將給出不連貫的存儲。具有不連貫的存儲的編碼器將不會給出turbo碼需要的最好的 $d_2[10]$ 。

$$A_8 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A_8^t = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}, \quad t > 1 \rightarrow A_8^t + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

因爲 $A_8^3 + I_3$ 是不可逆的，根據定理1，編碼器 (A, B, C, D) 既不是最小次數，對於某些資訊序列也不是咬尾的。例如，

a) 取 $B = [1 \ 1 \ 1]^T$ ，我們得到 $BA = [0 \ 1 \ 0]^T$ 並且 $BA^2 = [1 \ 0 \ 1]^T$ ，那麼

(公式3)沒有用於數目大於2的多個資訊序列的解決辦法；b)

取 $B = [1 \ 1 \ 0]^T$ ，那麼編碼器可減少到具有 $A' = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$ 和 $B' = \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$ 的2次

編碼器 $(A' \ B' \ C' \ D')$ 。

(3) 可逆 (6個代表)

$A_9 = I_3$ 其給出不連貫的存儲編碼器。

$$A_{10} = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A_{10}^2 = I_3, \quad A_{11} = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A_{11}^3 = I_3$$

使用這些矩陣的編碼器具有不連貫記憶體。

$$A_{12} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A_{12}^4 = I_3, \quad A_{12}^2 + I = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A_{12}^3 + I = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix}$$

$$A_{13} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \rightarrow A_{13}^7 = I, \quad A_{13}^1 + I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

Rel.6的turbo碼使用使用 A_{13} 作為狀態矩陣的卷積編碼

器。更進一步我們得到，

$$A_{13}^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, A_{13}^2 + I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_{13}^3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, A_{13}^3 + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix},$$

$$A_{13}^4 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix}, A_{13}^4 + I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, A_{13}^5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, A_{13}^5 + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$A_{13}^6 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_{13}^6 + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

$$A_{14} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix} \rightarrow A_{14}^7 = I_3, A_{14}^8 + I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix},$$

圖7示出了二元turbo編碼器700的實施例。二元turbo編碼

器[11]在二元turbo編碼器700中使用 A_{14} 作為其分量編碼器。而

且，我們得到

$$A_{14}^2 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}, A_{14}^2 + I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_{14}^3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_{14}^3 + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 1 \end{bmatrix},$$

$$A_{14}^4 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}, A_{14}^4 + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_{14}^5 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \end{bmatrix}, A_{14}^5 + I_3 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 1 & 0 & 1 \end{bmatrix},$$

$$A_{14}^6 = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 1 \\ 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}, A_{14}^6 + I_3 = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 0 \\ 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

更進一步地，我們可獲得以下命題

命題1 令 $A=A_{13}$ 或 A_{14} 。那麼對於任何正整數 $n=7q+i$ ， $0 \leq i \leq 6$ ，

$$A^n + I_m = A^i + I^m = \begin{cases} 0 & i=0 \\ \text{可逆} & i \neq 0 \end{cases}$$

我們可擴展命題1到以下。

定理2 令 $m=2,3,4,5,6$ 。存在 $m \times m$ 二元矩陣 A ，使得

$A^{2^m-1} = I_m$ 。此外，對於任何這樣的矩陣 A 和任何正整數

$n=pq+i$ ， $0 \leq i \leq p-1$ ，在此， $p=2^m-1$ ，

$$A^n + I_m = A^i + I_m = \begin{cases} 0 & i=0 \\ \text{可逆} & i \neq 0 \end{cases}$$

用於任意資訊長度的新咬尾終止方法。

用於任意數目的資訊符號的推薦咬尾終止。

執行咬尾的新的途徑基於命題1。下面我們僅給出用於 $m=3$ 的方法，因為大多數可能的3GPP LTE可適應8狀態的turbo碼。對於 $m=2$ 和 $m>3$ 的情況，採用的方法相同。

令 (A, B, C, D) 為8狀態卷積編碼器的狀態空間實現，其中 A 與最後部分列出的 A_{13} 或 A_{14} 相似。

(1) 預先計算對於 $i=1,2,3,4,5,6$ 的下列狀態

$$S_{i,1} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad S_{i,2} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad S_{i,3} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix},$$

$$S_{i,4} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad S_{i,5} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix}, \quad S_{i,6} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 0 \end{bmatrix}, \quad S_{i,7} = (A^i + I_3)^{-1} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \\ 1 \end{bmatrix}$$

(2)將以上的42索引狀態對作為查找表 $L(i, b_{(2)}) = S_{i,b}$ 預先存儲，在此， $b=1,2,3,4,5,6,7$ 且 $b_{(2)}$ 為 b 的3比特二元表示。此外，令 $L(i,0)=0$ 狀態。

(3)用於資訊塊大小 $=k$ 的咬尾編碼方法。令 $u_0, u_1 \text{K} u_{k-1}$ 為資訊符號（或比特）。

(a) 令 $m = (k \bmod(7))$ ，如果 $m=0$ ，再插入一個符號 $u_k=0$ 並使 $N=K+1$ 且 $M=1$ ，否則令 $N=K$ 且 $M=m$ 。

(b) 根據 $S_{initial}$ 狀態編碼資訊符號 $u_0, u_1 \text{K} u_{k-1}$ 查找最後狀態 S_{final} （並不存儲編碼符號）。然後採用查找表查找初始狀態 $S_0 = L(M, S_{final} - A^M S_{initial})$ 。在某些實施例中，如果需要， $S_{initial}$ 狀態可選擇為零。

(a) 使用 S_0 作為初始狀態來編碼 $u_0, u_1 \text{K} u_{N-1}$ 。

在此提出的新的咬尾終止方法在先前方法之上提供了顯著的進步。這個新的方法和其他方法相比提供了更多的靈活性。例如，在此提供的咬尾終止的方法可適應任何塊大小或任何數目的輸入序列（也就是說輸入序列中任意數目的資訊符號或比特）。另外，在此提出的新方法與其他方法相比具有更少的開銷。只需要至多一個符號（或1比特）的開銷。在大多數情況下，根本沒有開銷，如不需要額外的符號（或比特）確保

咬尾終止。同樣在此提供的新的方法與其他如3GPP Rel.6 turbo碼和其他turbo碼中使用的僅僅增加 $2m$ 開銷終止符號（或比特）用於 2^m （如 2^m ）狀態卷積碼的方法相比，具有相對更好的吞吐量或資料率。那些僅僅增加 $2m$ 開銷終止符號（或比特）的方法減少了吞吐量和資料率。在此提供的新的方法與其他方法相比還具有相對更好的性能。在此提出的新方法中，所有的比特（包括可能插入到輸入序列中的至多一個符號（或比特））在turbo編碼中可交錯。與其他方法如那些使用 $2m$ 開銷終止符號（或比特）（如在一個8狀態編碼器中需要6個終止符號或比特，各個分量編碼器36個終止符號或比特）比較，那些 $2m$ 開銷終止符號（或比特）是不可交錯。在此提出的新方法中，輸入序列的所有符號或比特（包括可能插入到輸入序列中的至多一個符號（或比特））都經過交錯。

由上可知，沒有現有技術方法可為所有分量編碼器（例如在turbo編碼器中使用的）提供所有資訊序列大小的咬尾操作的方法。

在此，產生了可用於turbo編碼器的用於所有可能數目的輸入序列的咬尾終止的新的方法。在一個實例中，可運用於3GPP LTE turbo編碼使用的所有的輸入序列數目。另外，僅需要至多一個符號或比特插入到輸入序列以獲得咬尾功能。其他在先技術方法，當使用其分量編碼器具有 2^m （如 2^m ）狀態的turbo編

碼器操作時，需要至少 $2m$ 符號或比特。

對於一個實例，當考慮3GPP LTE turbo編碼時，那麼根據在此提出的新方法，至多一個假位元符號或比特添加到 $1/7$ 的所有可能輸入序列數目。在（3GPP LTE turbo編碼）那個應用中，沒有額外的符號或比特（例，根本沒有插入）需要添加到另外 $6/7$ 的所有可能輸入序列數目。這個新方法允許對於包括任意數目的資訊塊的輸入序列的咬尾終止。在此提出的新的咬尾終止的方法可用於支援其輸入序列中具有任意資訊比特的turbo編碼系統。實際上，在此提出的新的方法可運用於支援任意數目的資訊比特的所有通信系統。例如，設計用於3GPP LTE的turbo編碼，其支援多種按大小排列的輸入序列數目，可從這個新方法的性能中明顯獲益以適應任何輸入序列數目。

此外，在此提出的新方法與現有技術相比，與在turbo編碼器的交錯器以外執行終止相比，沒有引入不希望的損失（如，在這些現有技術方法中，用於終止的至少 $2m$ 符號或比特不經過turbo編碼器的交錯器）。

圖8描述了在編碼輸入序列的turbo編碼器中用於執行咬尾的方法800的實施例。在步驟810中，方法800始於判定turbo編碼器的狀態和用於插入到輸入序列中的至多一個符號，這樣在編碼輸入序列的第一符號之前的turbo編碼器的狀態和編碼輸入序列的最末符號或如果需要，編碼插入到輸入序列中的至多

一個符號時的turbo編碼器的狀態相同。接著，如步驟820所示，方法800turbo編碼輸入序列或輸入序列和至多一個符號（如果需要），這樣在turbo編碼器處於編碼輸入序列的第一符號之前的狀態，或者處於編碼輸入序列的最末符號或如果需要，插入到輸入序列的至多一個符號之後的狀態。

本發明的描述過程還借助方法步驟的方式來描述特定功能的執行過程及其相互關係。為便於描述，文中對這些功能性模組和方法步驟的邊界和順序進行了專門的定義。在使這些功能及其關係可正常工作的前提下，也可重新定義他們的邊界和順序。但這些對邊界和順序的重新定義都將落入本發明的主旨和所聲明的保護範圍之中。

本發明的描述過程借助功能性模組的方法來描述某些重要功能的執行過程。為便於描述，文中對這些功能性模組邊界進行了專門的定義。在使這些功能可正常工作的前提下，也可重新定義他們的邊界。類似地，流程圖中的步驟也是為描述某些重要功能而專門定義的。為將這些流程圖的應用得到擴展，可重新定義流程圖中模組的邊界和順序，同時，重新定義後，這些模組仍然完成原來的重要功能。這種對功能性模組和流程圖步驟和順序的重新定義也都將落入本發明的主旨和所聲明的保護範圍之中。

本領域技術人員知悉，可通過離散元件、特定用途積體電

路、執行適用軟體的處理器以及其他類似物及其組合來實現本發明的這些功能模組以及其他所示的模組、原理框圖和元件。

此外，本發明是通過一些實施例進行描述的，但本發明不局限於這些實施例。本領域技術人員知悉，在不脫離本發明的精神和範圍的情況下，可以進行各種改變或修改。

參考文獻

- [1] Rel'6 turbo編碼尾碼移除的系統影響，R1-062157。
- [2] 3GPP TS 25.212 V6.8.0 (2006-06)，第三代合作夥伴專案；技術規範組無線接入網；多路技術和通道編碼（版本6）。
- [3] John B. Anderson和Stephen M. Hladik, "Tailbiting MAP Decoders," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 卷16，編號2，1998.2，頁碼297-302。
- [4] J. L. Massey和M. K. Sain, "Codes, automata, and continuous systems : Explicit interconnections," IEEE Trans. Automat. Contr., 卷AC-12，編號6，頁碼644-650，1967。
- [5] Robert J. McEliece, The Algebraic Theory of Convolutional Codes，Handbook of Coding Theory，R. Brualdi, W.C. Human 和 V. Pless (eds.). Elsevier Science Publishers, 阿姆斯特丹，荷蘭，1998。
- [6] J. Rosenthal和 E. V. York, "BCH Convolutional Codes," IEEE Transactions on Information Theory, 卷145，編號6，頁碼

1883-1842, 1999.9。

[7] C. Weiß, C. Bettstetter和S. Riedel, "Code Construction and Decoding of Parallel Concatenated Tail-Biting Codes," IEEE Transactions on Information Theory, 卷47, 編號1, 頁碼366-386, 2001.1。

[8] H. Gluesing-Luerssen和G. Schneider, "State space realizations and monomial equivalence for convolutional codes", arXiv:cs.IT/0603049, 2006.3。

[9] Claude Berrou, Alain Glavieux和Punya Thitimajshima, "Near Shannon limit error-correcting coding and decoding: turbo codes", Proc. of IEEE ICC '93, 日內瓦, 1993.5, 頁碼1064-1070。

[10] C. Fragouli和R. Wesel, "Turbo-Encoder Design for Symbol-Interleaved Parallel Concatenated Trellis-Coded Modulation," IEEE Transactions on Communications, 卷49, 編號3, 頁碼425-435, 2001.3。

【圖式簡單說明】

圖 1 示出了通信系統的一個實施例；

圖 2 示出了通信系統的另一個實施例；

圖 3 和圖 4 示出了執行 turbo 編碼的通信裝置的實施例；

圖 5 示出了在多種 turbo 編碼之間性能比較的實施例；

圖 6 示出了可再 turbo 解碼器中實現的 Rel.6 的第一分量解碼

器的實施例；

圖 7 示出了雙二進位 turbo 編碼器的實施例；

圖 8 示出了在編碼輸入序列的 turbo 編碼器中執行咬尾的方法的實施例。

【主要元件符號說明】

通信系統 100	通信裝置 110
發射器 112	編碼器 114
接收器 116	解碼器 118
通信裝置 120	接收器 122
解碼器 124	發射器 126
編碼器 128	衛星通信通道 130
衛星碟形天線 132、134	無線通信通道 140
收發塔 142、144	有線通道 150
本地天線 152、154	光纖通道 160
電光 (E/O) 介面 162	光電 (O/E) 介面 164
通信通道 199	通信系統 200
通信裝置 210	turbo編碼器 220
編碼器 221	處理模組 230
記憶體 240	裝置 290
通信裝置 292	存儲介質 294
通信通道 299	通信裝置 300
編碼參考標號 301	擴展的輸入序列 302

緩衝器 310

處理模組 330

鑿孔模組 350

輸入序列 401

第一分量編碼器 411

輸出c1 421

鑿孔模組 431

第一分量編碼器 600

turbo編碼器 320

記憶體 340

通信裝置 400

交錯器 (π) 410

第二分量編碼器 412

輸出c2 422

鑿孔模組 450

二元 turbo 編碼器 700

五、中文發明摘要：

本發明涉及編碼輸入序列時用於執行比特咬尾的編碼器和方法。在此提出了新方法，對於大多數情況，根本不需向輸入序列插入額外的符號以確保 turbo 編碼器根據咬尾運行（如，在此 turbo 編碼器的起始和結束狀態相同）。在最壞的情形中，只需要單個符號（或單個比特）以插入到輸入序列。其中，所有輸入序列的輸入比特在 turbo 編碼中都是可交錯的。在至多一個符號（或 1 比特）需要插入到輸入序列的例子中，那時的至多一個符號（或 1 比特）在 turbo 編碼中也是可交錯。此外，在此的這個方法可適用於任何數目的輸入序列以獲得咬尾。

六、英文發明摘要：

Tail-biting turbo code of arbitrary number of information bits. A novel means is presented in which, for most cases, no extra symbols at all need to be padded to an input sequence to ensure that a turbo encoder operates according to tail-biting (i.e., where the beginning and ending state of the turbo encoder is the same). In a worst case scenario, only a single symbol (or a single bit) needs to be padded to the input sequence. Herein, all of the input bits of the input sequence are interleaved within the turbo encoding. In the instance where the at most one symbol (or at most one bit) needs to be padded to the input sequence, then that at most one symbol (or one bit) is also interleaved within the turbo encoding. Moreover, any size of an input sequence can be accommodated using the means herein to achieve tail-biting.

十、申請專利範圍：

1、一種編碼輸入序列時用於執行比特咬尾的編碼器，其特徵在於，所述編碼器包括：

用於接收輸入序列的緩衝器；

用於接收來自緩衝器的輸入序列並編碼所述輸入序列的 turbo 編碼器；以及

處理模組，基於所述輸入序列，用於確定 turbo 編碼器的狀態和插入到輸入序列的至多一個符號，這樣在編碼輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和在編碼輸入序列的最末符號或者插入到所述輸入序列的所述至多一個符號之後的 turbo 編碼器的狀態是一樣的，以及其中：

當處理模組確定所述狀態時，所述緩衝器用於向 turbo 編碼器提供輸入序列；

所述 turbo 編碼器所處的狀態是由處理模組在編碼輸入序列的第一符號之前和編碼輸入序列的最末符號或者插入到所述輸入序列的所述至多一個符號之後確定的。

2、如申請專利範圍第 1 項所述的編碼器，其中，第一符號和第二符號中的至少一個僅包括一個比特。

3、如申請專利範圍第 1 項所述的編碼器，其中，在所述緩衝器向所述 turbo 編碼器提供輸入序列後，所述處理模組用於向 turbo 編碼器的輸入序列提供所述至多一個符號。

4、如申請專利範圍第 1 項所述的編碼器，其中，進一步包括：

鑿孔模組，用於在 turbo 編碼器輸出的編碼序列中鑿孔至少一個比特。

5、如申請專利範圍第 1 項所述的編碼器，其中，基於輸入序列，所述處理模組用於判定沒有符號需要插入到輸入序列，以確保在編碼輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和在編碼輸入序列的最末符號之後 turbo 編碼器的狀態相同。

6、一種當編碼輸入序列時，用於執行咬尾的編碼器，其特徵在於，所述編碼器包括：

turbo 編碼器，用於接收輸入序列且編碼：

所述輸入序列；或

所述輸入序列和插入所述輸入序列的至多一個零值符號中的一個；以及

處理模組，基於所述輸入序列，用於確定 turbo 編碼器的初始狀態，且向 turbo 編碼器提供初始狀態，這樣編碼所述輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的初始狀態和編碼輸入序列的最末符號或插入到所述輸入序列的所述至多一個零值符號時 turbo 編碼器的結束狀態相同。

7、如申請專利範圍第 6 項所述的編碼器，其中，第一符號和第二符號中的至少一個僅包括一個比特。

8、如申請專利範圍第 6 項所述的編碼器，其中，進一步包括：

用於接收輸入序列的緩衝器，以及：

在所述處理模組確定所述編碼器的初始狀態後，所述緩衝器將所述輸入序列發往所述 turbo 解碼器；以及

當處理模組判定必需時，在緩衝器向 turbo 解碼器提供輸入序列之後，處理模組向所述 turbo 編碼器提供所述至多一個零值符號。

9、一種編碼輸入序列時，在編碼器中執行咬尾的方法，其特徵在於，所述方法包括：

確定 turbo 編碼器的狀態和插入到所述輸入序列的至多一個符號，這樣編碼所述輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和編碼輸入序列的最末符號或如果需要，編碼插入到所述輸入序列的所述至多一個符號時 turbo 編碼器的狀態相同；以及

turbo 編碼所述輸入序列或所述輸入序列和所述至多一個符號，如果需要，這樣一來在編碼所述輸入序列的第一符號之前 turbo 編碼器的狀態和編碼輸入序列的最末符號或如果需要編碼插入到所述輸入序列的所述至多一個符號時 turbo 編碼器的狀態相同。

10、如申請專利範圍第 9 項所述方法，其中，進一步包括：

第一符號和第二符號中的至少一個僅包括一個比特。

十一、圖式：

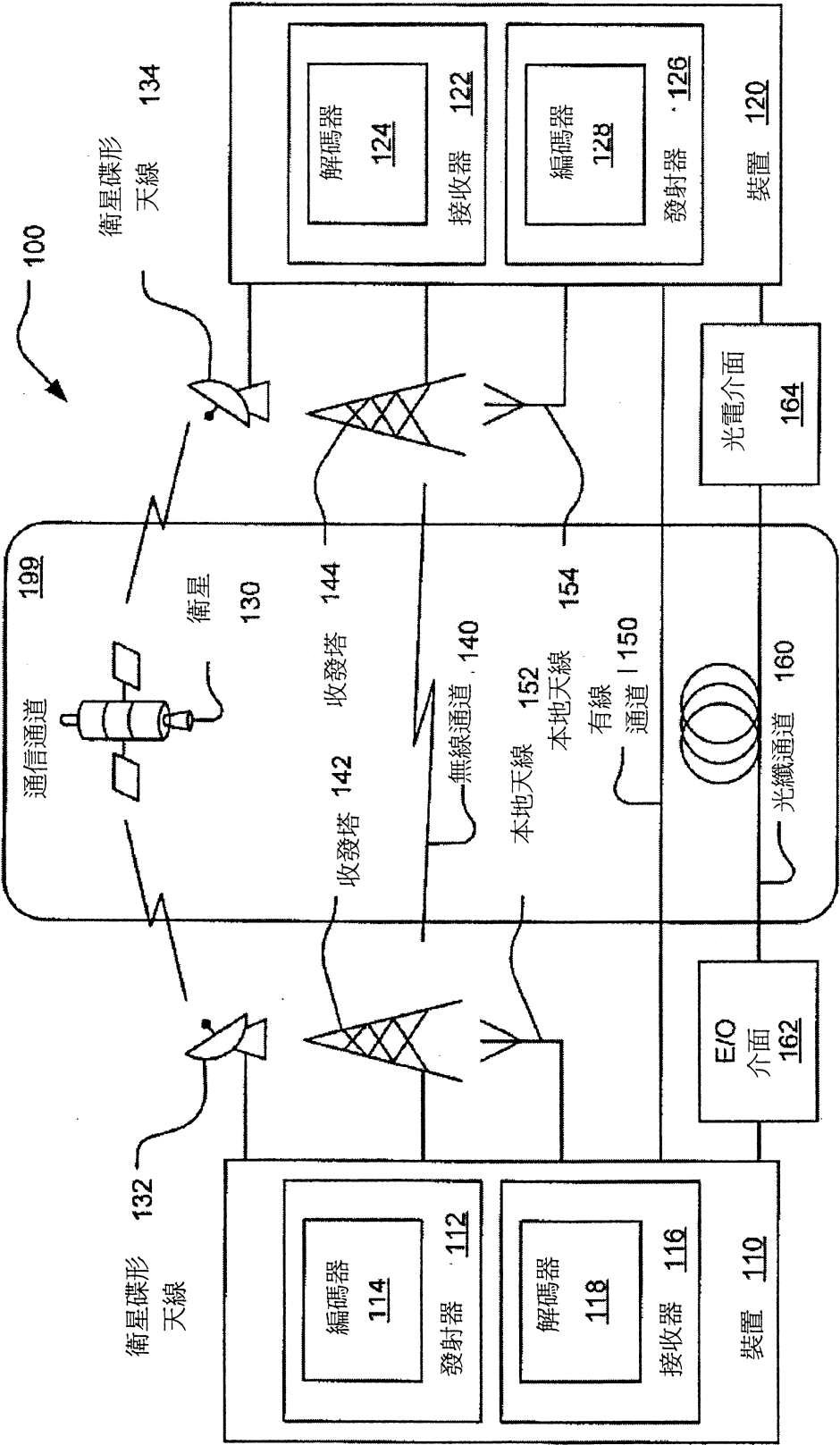


圖 1

200

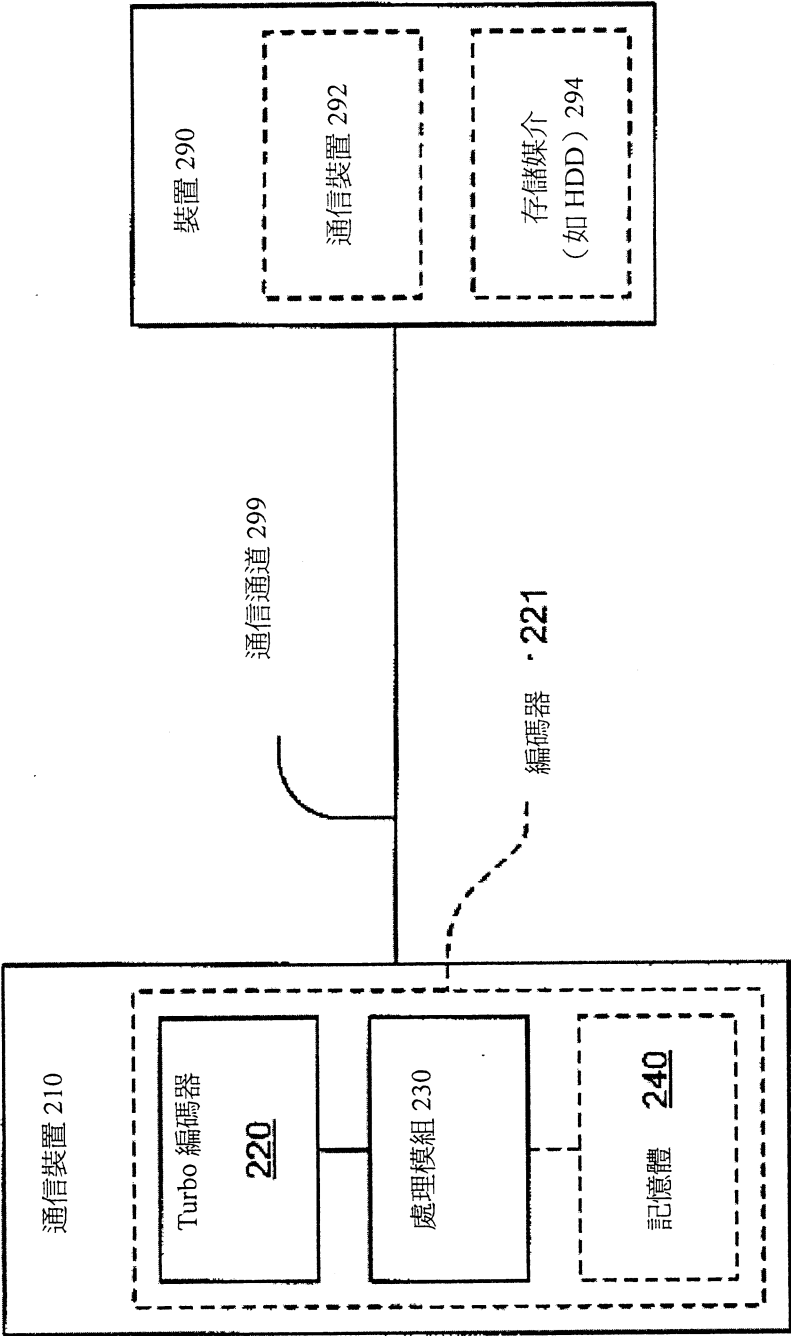


圖 2

300

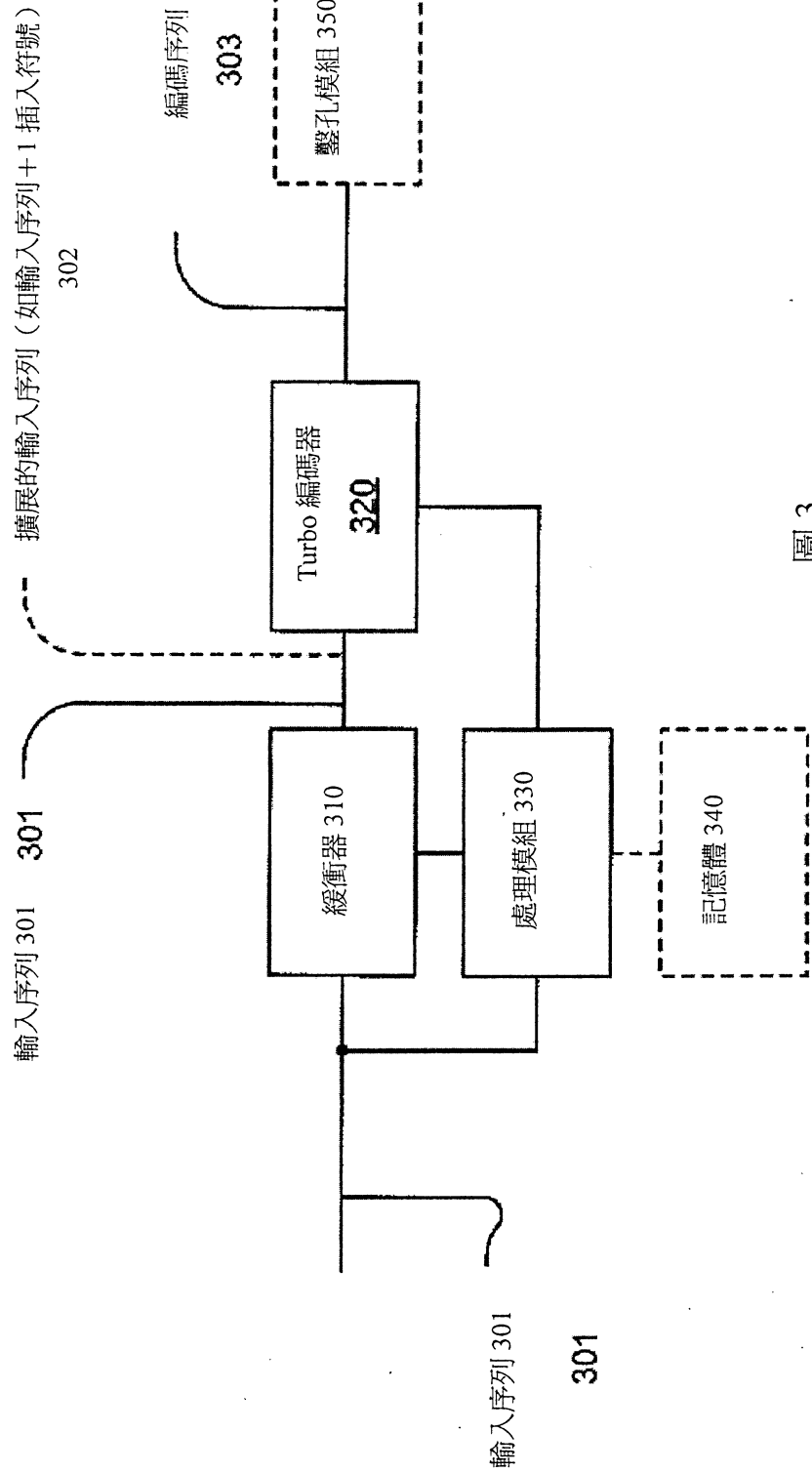


圖 3

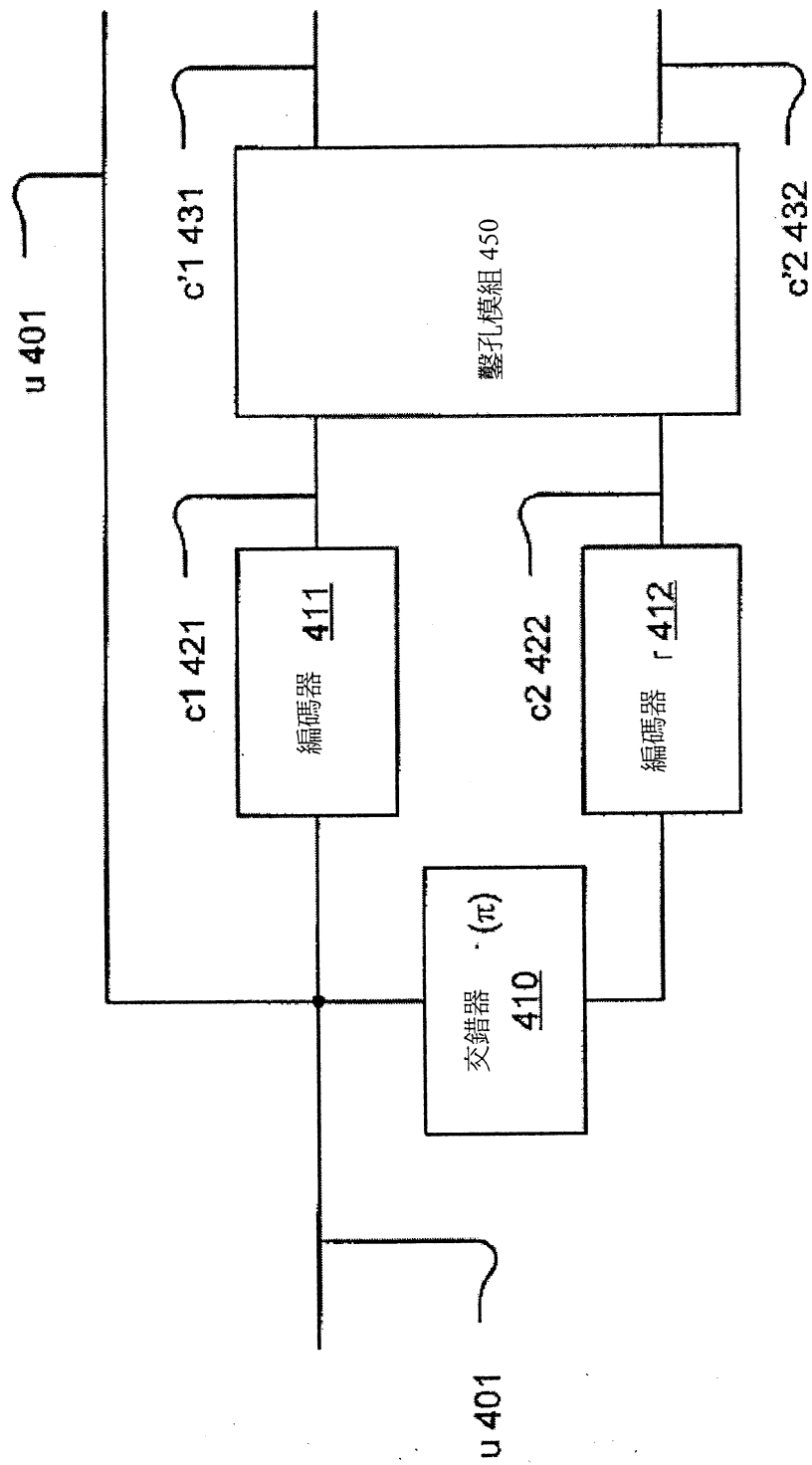
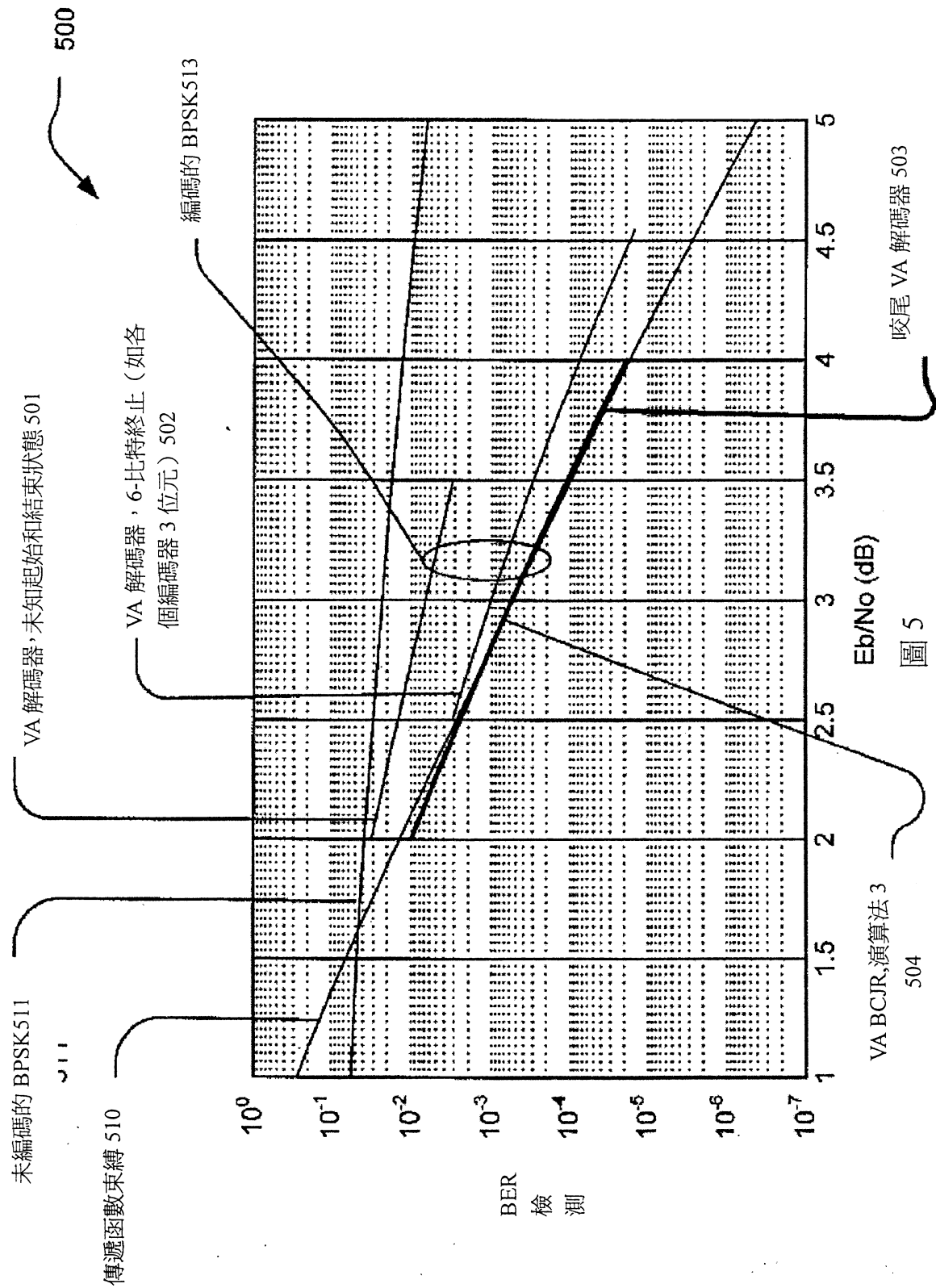


圖 4



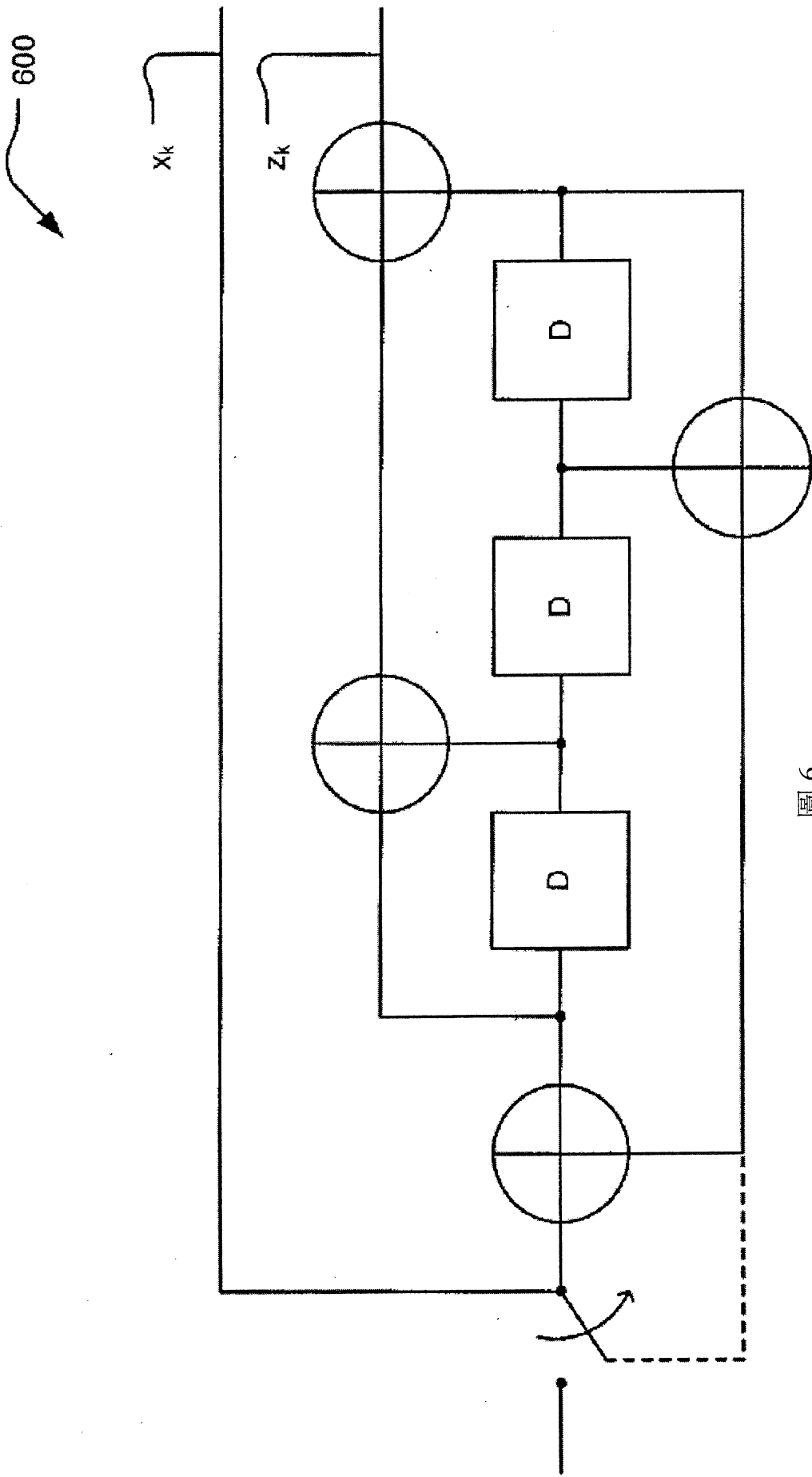


圖 6

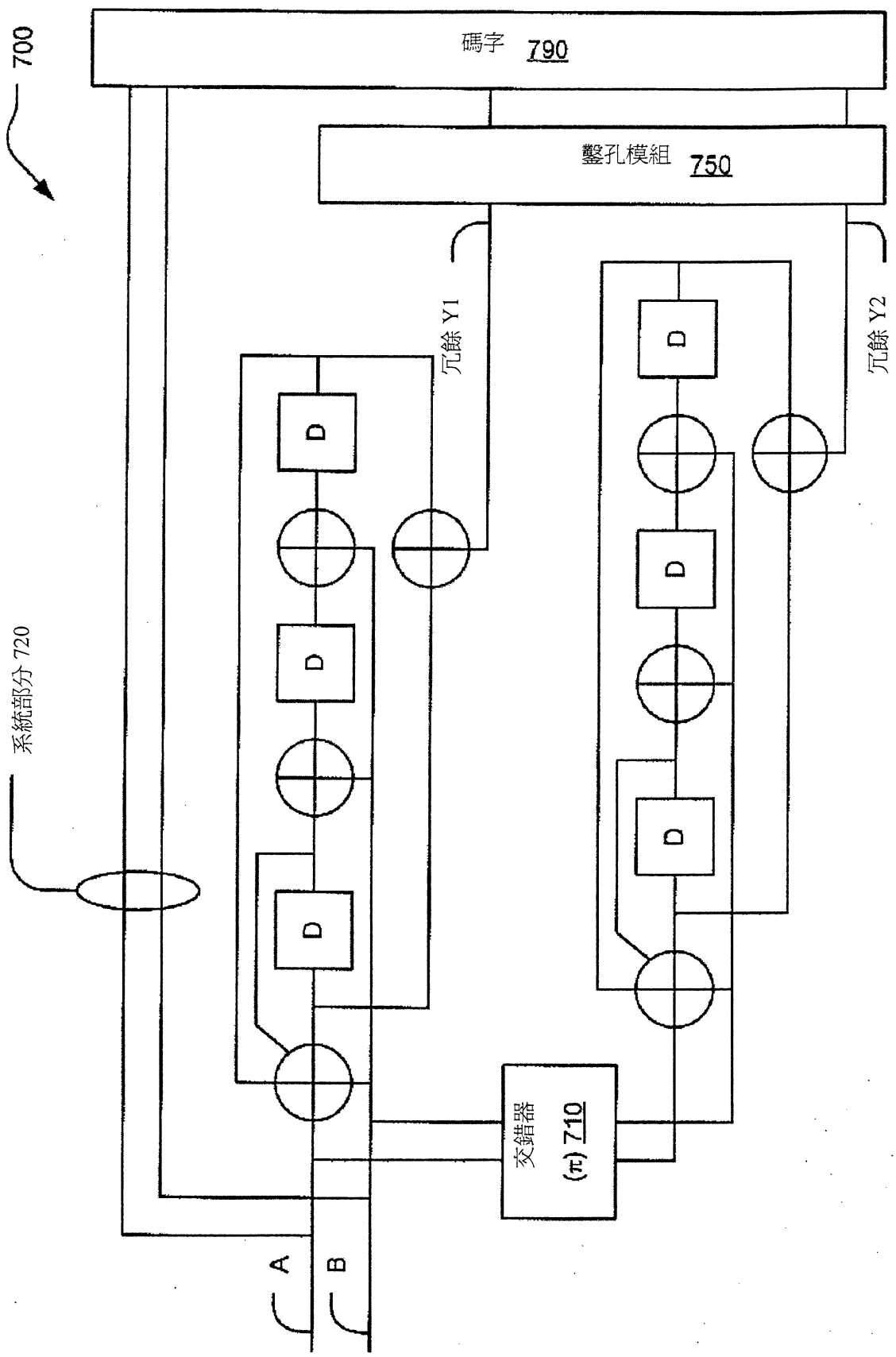


圖 7

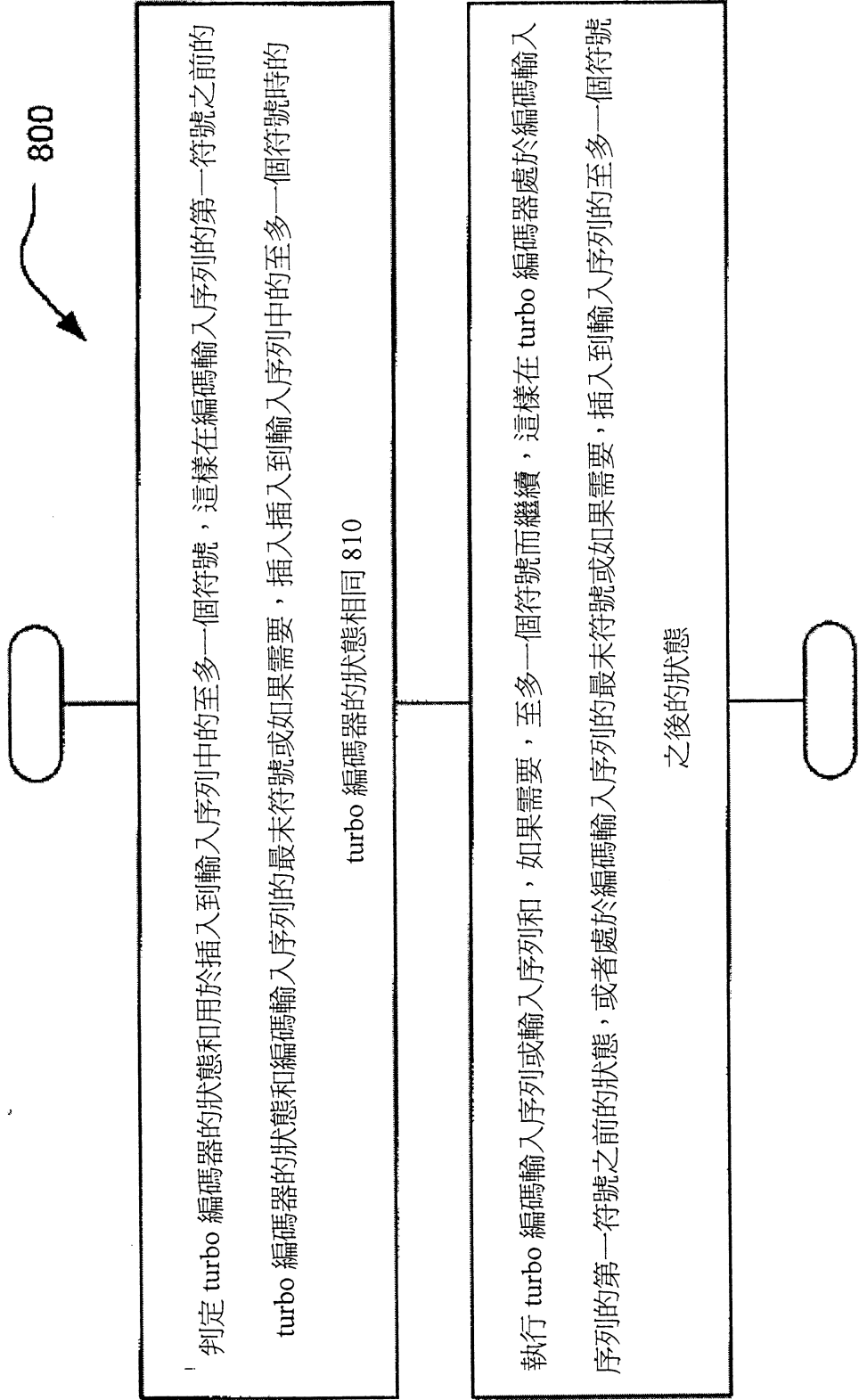


圖 8

七、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：

通信系統 100	通信裝置 110
發射器 112	編碼器 114
接收器 116	解碼器 118
通信裝置 120	接收器 122
解碼器 124	發射器 126
編碼器 128	衛星通信通道 130
衛星碟形天線 132、134	無線通信通道 140
收發塔 142、144	有線通道 150
本地天線 152、154	光纖通道 160
電光 (E/O) 介面 162	光電 (O/E) 介面 164
通信通道 199	

八、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：