



(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 I466495 B

(45)公告日：中華民國 103 (2014) 年 12 月 21 日

(21)申請案號：098120522

(22)申請日：中華民國 98 (2009) 年 06 月 19 日

(51)Int. Cl. : H04L12/28 (2006.01)

H04J3/06 (2006.01)

(30)優先權：2008/06/25 歐洲專利局 08305323.1

(71)申請人：湯姆生特許公司(法國) THOMSON LICENSING (FR)

法國

(72)發明人：薩隆尼迪斯 席歐多羅斯 SALONIDIS, THEODOROS (GR)；庫特索尼可拉斯 笛
米特里歐斯 KOUTSONIKOLAS, DIMITRIOS (GR)；朗德格蘭 漢瑞克
LUNDGREN, HENRIK (SE)

(74)代理人：陳詩經

(56)參考文獻：

TW	200704060A	US	2005/0185628A1
US	2005/0287989A1	US	2007/0013419A1
WO	2006/056174A1		

審查人員：蔡鴻璟

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：3 共 24 頁

(54)名稱

在劃時多元存取通訊網路中一組節點之時計同步化方法及其中之通訊裝置

METHOD AND DEVICE FOR TIME SYNCHRONIZATION IN A TDMA MULTI-HOP WIRELESS NETWORK

(57)摘要

本發明係關於在劃時多元存取(TDMA，即 Time Division Multiple Access)通訊網路中一組節點之時計同步化方法，該通訊網路中包括複數節點，其中有些稱為時間參考(TR)節點，係經由預定帶外(out-of-band)同步化機制，同步化至共同參考，其他節點則稱為非 TR 節點，各節點包括內部時計，此方法之特徵為包括如下步驟：

●在副圖幅的指定時槽(各副圖幅包括複數時槽)之際，以該 TR 節點至少其一之位準，傳輸廣播指標封包；

●使用 TDMA 規約之槽式結構，在剩餘的節點當中，傳播該指標封包，各節點是在副圖幅中預指定無衝突時槽，以傳播在該副圖幅的先前時槽內，從另一節點所接收之該指標封包；以及

●接到該指標封包時，在該非 TR 節點至少其二內，基於更新的偏差值估計，更新內部時計。

本發明亦涉及 TDMA 通訊網路內之通訊裝置。

The invention concerns a method for synchronizing clocks of a set of nodes in a TDMA ("Time Division Multiple Access") communication network comprising a plurality of nodes, among which some called time reference (TR) nodes are synchronized to a common time reference through a predetermined out-of-band synchronization mechanism, other nodes being called non-TR nodes, each node comprising an internal clock, characterized in that it comprises the steps of:

- transmitting, at the level of at least one of said TR nodes, a broadcast beacon packet during a given time slot of sub- frames, each sub-frame comprising a plurality of time slots;
- propagating among the remaining nodes said beacon packet using the slotted structure of the TDMA protocol, each node being pre-assigned a conflict-free time slot in a sub-frame to broadcast said beacon packet received from another node in a previous slot of said sub-frame; and
- updating in at least two of said non-TR nodes the internal clock based on an updated offset estimate, upon reception of said beacon packet.

The invention also concerns a communication device in a TDMA communication network.

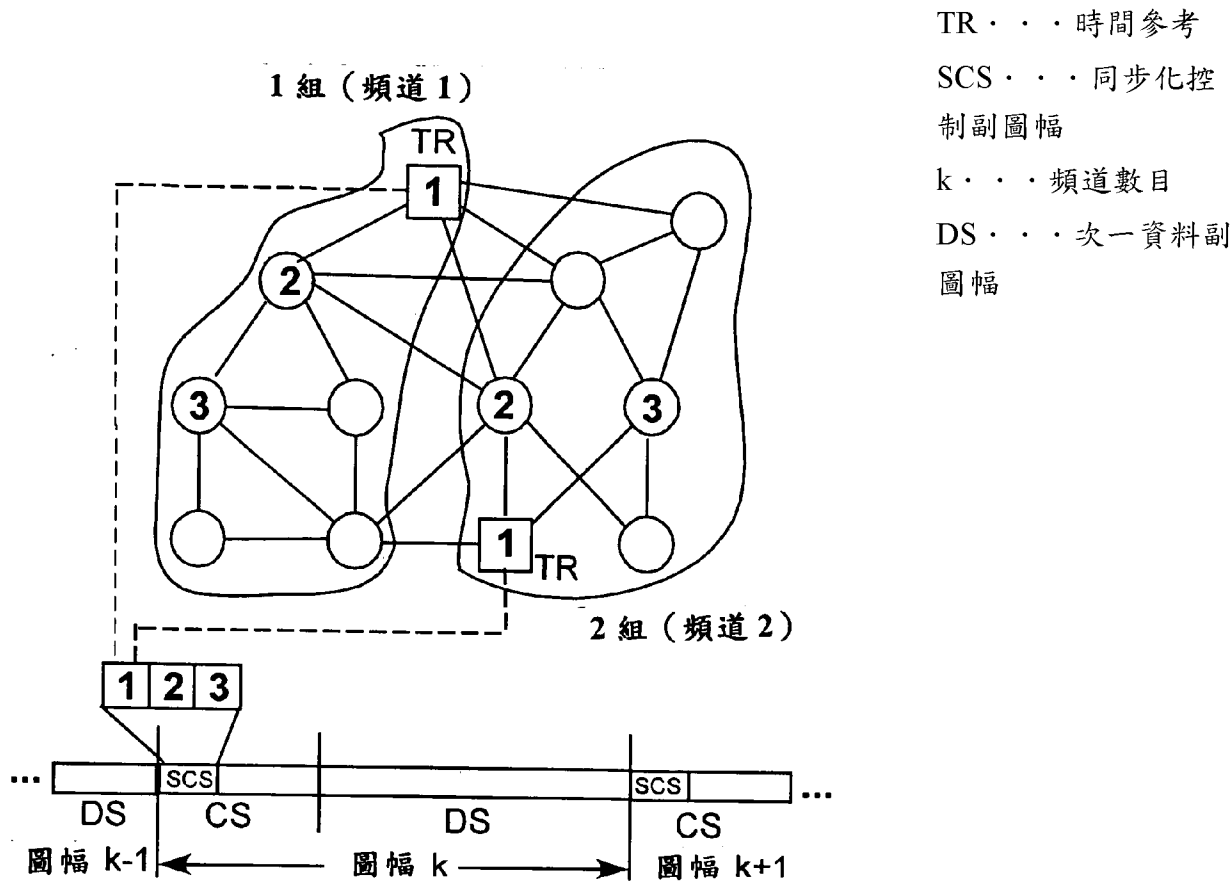


圖 3

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：98120522

※申請日：98.6.19

※IPC 分類：H04L 12/28 2006.01
H04J 3/06 2006.01

一、發明名稱：(中文/英文)

在劃時多元存取通訊網路中一組節點之時計同步化方法及其中之通訊裝置

METHOD AND DEVICE FOR TIME SYNCHRONIZATION IN A TDMA MULTI-HOP WIRELESS NETWORK

二、中文發明摘要：

本發明係關於在劃時多元存取 (TDMA，即 Time Division Multiple Access) 通訊網路中一組節點之時計同步化方法，該通訊網路中包括複數節點，其中有些稱為時間參考 (TR) 節點，係經由預定帶外 (out-of-band) 同步化機制，同步化至共同參考，其他節點則稱為非 TR 節點，各節點包括內部時計，此方法之特徵為包括如下步驟：

- 在副圖幅的指定時槽 (各副圖幅包括複數時槽) 之際，以該 TR 節點至少其一之位準，傳輸廣播指標封包；
- 使用 TDMA 規約之槽式結構，在剩餘的節點當中，傳播該指標封包，各節點是在副圖幅中預指定無衝突時槽，以傳播在該副圖幅的先前時槽內，從另一節點所接收之該指標封包；以及
- 接到該指標封包時，在該非 TR 節點至少其二內，基於更新的偏差值估計，更新內部時計。

本發明亦涉及 TDMA 通訊網路內之通訊裝置。

三、英文發明摘要：

The invention concerns a method for synchronizing clocks of a set of nodes in a TDMA ("Time Division Multiple Access")

communication network comprising a plurality of nodes, among which some called time reference (TR) nodes are synchronized to a common time reference through a predetermined out-of-band synchronization mechanism, other nodes being called non-TR nodes, each node comprising an internal clock, characterized in that it comprises the steps of:

- transmitting, at the level of at least one of said TR nodes, a broadcast beacon packet during a given time slot of sub-frames, each sub-frame comprising a plurality of time slots ;
- propagating among the remaining nodes said beacon packet using the slotted structure of the TDMA protocol, each node being pre-assigned a conflict-free time slot in a sub-frame to broadcast said beacon packet received from another node in a previous slot of said sub-frame; and
- updating in at least two of said non-TR nodes the internal clock based on an updated offset estimate, upon reception of said beacon packet.

The invention also concerns a communication device in a TDMA communication network.

四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：第 (3) 圖。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

TR	時間參考
SCS	同步化控制副圖幅
k	頻道數目
DS	次一資料副圖幅

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】

本發明係關於通訊網路之領域。

本發明尤指關於 TDMA（劃時多元存取）多躍程無線網路。

【先前技術】

在多躍程無線網路中，具有無線界面之一組節點，形成網路基礎設施，資料於此向前通過多元無線躍程，朝向所要目標。多躍程無線通訊典範起先用於軍事用途，諸如專用網路，如今應用於萌發的商業用途，諸如網狀網路、感測網路、個人區域網路和無線寬面積網路。

本發明考慮多躍程無線網路，其中傳輸是以劃時多元存取（TDMA）規約協調。TDMA 規約引人注意是因其透過無衝突、定期傳輸排程，提供帶寬和延遲保證。目前被視為是萌發的多躍程無線標準，諸如 IEEE 802.16j 行動多躍程替續器 [IEEE 802.16's 行動多躍程替續器（MMR）研究小組，<http://www.ieee802.org/16/sg/mmr/>]，目標在於增進現時單躍程 IEEE 802.16 無線系統之涵蓋率，並且在多躍程無線環境內，利用現存載波感測多原存取（CSMA）規約，將所遇到的公知績效問題定址。

在 TDMA 規約中，全部節點均同步於共同時間參考，而在多槽圖幅序列中，周期性發生傳輸。各圖幅由控制副圖幅組成，接著是資料副圖幅。二副圖幅均為固定期限，由若干時槽組成。於各控制副圖幅之際，進行種種管理功能，包含同步化和排程電算 / 推廣。於資料副圖幅的各槽之際，有此節點按照網路排程傳輸無衝突，已在前導的控制副圖幅之際電算。排程電算不是去中心化（由節點電算），就是中心化（利用單一節點，做為網路控制器、電算和推廣至節點）。

任何 TDMA 規約作業的中心是同步化機制，保持節點時計同步於共同時間參考。此時間參考使得節點可基於網路排

程，在各槽傳輸。以中心化排程而言，亦可使控制器節點，電算全網路的無衝突排程，對網路內全部節點，提供帶寬和延遲保證。任何 TDMA 系統的同步化機制應高度準確，有受限的執行時間（延遲）和低經常費用，價廉且可廣泛應用。

茲詳述此等特徵並討論對 TDMA 規約效益之衝擊如下。

實務上，節點時計永遠不會完美同步化。高度準確的同步化機制，應使全部節點時計從共同時間參考之漂移減到最小。也應限制全部時計漂移，得以（離線）設計 TDMA MAC 規約參數，諸如槽護衛時間，係在 TDMA 規約作業期間的一定每槽常務。高度準確同步化機制應造成每槽防衛時間少，亦即槽期間短。槽期間短產生圖幅期間短，轉譯成延遲小。亦得以快速時間標度控制傳輸，轉譯成有效規約作業。

時計同步化機制是在控制副圖幅期間執行，其執行時間是每圖幅常務。此常務必須限制並減少，得以最佳設計 TDMA MAC 規約參數，諸如控制副圖幅期間，在 TDMA 規約作業期間固定。

同步化機制應不致對無線系統，造成過度額外成本。

理想上，同步化機制需能應用於不同的無線環境（室內／室外），不同類型的多躍程無線網路（網狀網路、個人區域網路、感測網路），以及不同類型的裝置（無線路引器、在基礎設施內作業，或客戶在無線網路邊緣作業）。

對多躍程網路無現存同步化機制支持上述全部特點。

現存同步化機制可廣泛分類為帶外（out-of-band）和帶內（in-band）。帶外同步化機制使用附加硬體強制共同時間參照。例如，若全部無線節點透過全局定位系統（GPS）裝置調諧至外部全局時計，時機同步化即可達成高度準確性。此措施不廣泛應用，因為 GPS 裝置昂貴，只能在天空視線清晰的室外環境作業。

帶內同步化機制試圖發送網路內指標同步化訊息，把節

度時計同步化。帶內同步化機制的最簡單版本，於今日星球拓撲學的無線系統內操作，其中伺候機節點提供單程無線存取，於固定或行動客戶節點。例如 GSM/TDMA 細胞式網路、衛星系統、IEEE 802.16 寬帶無線系統、使用點協調功用 (PCF) 之 IEEE 801.11 無線 LANs，或 Bluetooth 系統。在此等單躍程無線 TDMA 系統中，時間同步化之達成，可利用訊號之週期性廣播傳輸，或從伺候機至所有客戶之指標封包（參見例如美國專利 7,263,590 號〈TDM/TDMA 網路中定時和頻率控制之系統和方法〉）。此方法不能應用於多躍程無線網路，因為提供網路時間參考之節點，以單一廣播傳輸不能到達全部其他節點。

開發多躍程無線網路的帶內同步化機制之潛在方式，是採用多躍程有線網路之同步化機制。網路時間規約 (NTP) 是現時在網際網路上所用最著名的時計同步化機制（見 D.L. Mills：〈網際網路時間同步化：網路時間規約〉，載於 Zhonghua Tang 和 T. Anthony Marsland（合編）《分佈系統內之全局狀態和時間》，IEEE 電腦協會出版，1994 年）。NTP 發訊被視為對 NTP 產出低準確性和高常務之無線環境現存無線適用為重量級，即使對單躍程無線網路之簡單情況亦然。

對多躍程無線感測器網路，已擬議某些帶內時計同步化演算，包括下列：

- J. Elson, L. Girod 和 D. Estrin 著〈使用參考廣播的細粒網路時間同步化〉，第五屆作業系統研究設計和實施研討會 (OSDI) 議事錄，2002 年。
- S. Ganeriwal, R. Kumar 和 M. Srivastava 著〈感測網路之定時同步化規約〉，在 SENSYS，2003 年 11 月。
- Q. Li 和 D. Rus. 著〈在感測網路中之全局時計同步化〉，2004 年。
- M. Maroti, B. Kusy, G. Simon 和 A. Ledexzi 著〈汜時

同步化規約》，在 ACM Sen-Sys 2004，2004 年。

- M. Mock, R. Frings, E. Nett 和 S. Trikaliotis 著〈在無線即時應用中之連續時計同步化〉，在分佈式軟體研討會，2000 年。
- K. Romer 著〈專用網路上之時間同步化〉，在行動專用網路連接和電算之 ACM 研討會 (MobiHoc 01)，美國加州長堤，2001 年 10 月。
- J. van Greunen 和 J. Rabaey 著〈感測網路用之輕量時間同步化〉，WSNA 議事錄，2003 年 9 月，美國加州聖迪亞哥。
- M. Xu, M. Zhao 和 S. Li 著〈感測網路用輕量和能量有效性時間同步化〉，無線通訊、網路連接和行動電算國際會議記錄，2005 年。

上述演算開拓無線媒體之廣播性質，以改進同步化正確性。然而，全部使用隨機存取 MAC 規約，在網路上推廣指標封包。此等規約不適合 TDMA 系統，因其引進不可預料的延遲和衝撞，造成同步化指標封包損失。所以，如此演算不能減少或甚至限制同步化常務。此外，此等演算大多數未經真實世界多躍程無線環境下的實施和測試。

IEEE 802.16 替續器任務組 (802.16j 標準)，為具有自由拓樸結構之多躍程 802.16 無線系統，特定帶內同步化機制。此項同步化機制在 802.16 TDMA 規約頂上作業，但專用於樹狀拓樸結構：同步化參數由中央根節點，越過樹狀網路結構，朝葉節點推廣。此機制不能應用於親子角色事先未明的一般拓樸之多躍程無線網路。此外，跨越樹狀結構之時計推廣，遭受個別連路失敗：若至少一連路無法推廣前文，則同步化演算即無法在共同時間參考之下，把全部節點同步化。最後，802.16j 草案標準只能特定一般發訊和訊息交換，但不提供演算對同步化訊號之推廣加以有效排程，故 TDMA 規約無衝突和限制延遲要求相符。

- IEEE 802.16 之暢續器任務小組，〈第 16 章：固定和行動寬帶無線存取系統多躍程替續器規格之空氣界面〉，IEEE P802.16j/D3，2008 年 2 月 29 日。

ECMA 高速率超寬帶 PHY 和 MAC 標準，界定帶內分佈時計同步化機制，在 TDMA MAC 規約頂上操作。在此機制中，於各 TDMA 圖幅之際，各節點定期廣播其時計至一躍程鄰居，將其時計與其最慢一躍程鄰居所接收時計值同步化。此「遵循最慢時計」方法可在全部節點能夠彼此聽到的單躍程網路內，令節點同步化。然而，在多躍程無線網路中，此項演算需要不限數量的 TDMA 圖幅，傳播最慢時計，為全網路產生共同時間參考。

因此，以 ECMA 標準揭示的演算，不能在最短時間和限制延遲中需要全局網路時間參考之應用方面，提供解決方案。

- 〈標準 ECMA 368，高速率超寬帶 PHY 和 MAC 標準〉第 2 版，2007 年 12 月。

在先前技術的公告中，PCT 專利申請案 WO 2006/056174（申請人德國 Fraunhofer）揭示一種同步化和資料傳輸方法。在此 Fraunhofer 先前的 PCT 專利申請案中揭示的同步化方法，不能滿足 TDMA 規約對限制延遲和常務低的要求，不能應用於多躍程無線環境。

【發明內容】

本發明旨在解決先前技術解決方案之上述缺點。

與現有措施相反的是，本發明引進同步化演算，利用 TDMA 規約槽式結構。同步化演算推廣同步化訊息，係源自網路上某一點，具有共同時間參考。同步化訊息是在網路內，使用控制副圖幅內之無衝突網路排程推廣。此排程之構成方式是，全網路在最少的有限時間內推廣同步化訊息。演算可以週期性越過 TDMA 圖幅執行，按照共同時間參考更新節點時計。

本發明尋求解決的技術問題如下：如何在 TDMA 多躍程無線網路內，對全部節點提供共同時間參考？

現時，現有演算不能以有效率方式解決此問題，可定址 TDMA 規約要求，於限制執行時間和最少常務，又能廣泛應用。GPS 裝置是帶外解決方案，只能應用於天空晴朗的室外，且成本不成問題。帶內解決方案應用更廣，更具成本效益，並利用網路基礎設施推廣時計同步化訊息。大多數現有帶內同步化解決方式，係為星形拓樸之單躍程無線網路。有些帶內解決方式係為樹狀拓樸的 TDMA 多躍程網路所衍生（802.16j 標準），不能應用於任意拓樸之網路。另方面，已有些其他帶內解決方式係為任意拓樸的多躍程無線感測網路而衍生，但同步化是使用隨機存取機制進行，不適於最少化或限制常務。大部份所擬機制從未在多躍程無線環境內實施和測試。

本發明一般係關於共享網路的一組節點之時計的同步化，尤指一種時計同步化機制，為無線節點產生共同時間參考，在多躍程無線網路內執行 TDMA 規約。時計同步化演算，利用 TDMA 規約槽式結構，以推廣時計同步化訊息，源自網路上提供痛苦時間參考之某一點。時計同步化訊息是在控制副圖幅內，使用無衝突網路排程推廣。此排程之構成方式是，同步化訊息以最少時間推廣至全網路。演算可週期性跨越 TDMA 圖幅執行，按照共同時間參考更新節點時計，可應用於廣範圍的多躍程無線 TDMA 網路，並以低常務提供正確時計同步化。最後，演算又可用來從提供時間參考給網路內其餘節點之節點，推廣至時計同步化訊息。

本發明廣義界定為 TDMA（劃時多元存取）通訊網路內一組節點之時計同步化方法，網路包括複數節點，其中有些稱為時間參考（TR）節點，係透過預定帶外同步化機制，同步化於共同時間參考，其中節點則稱為非 TR 節點，其特徵為，包括如下步驟：

- 在副圖幅的指定時槽（各副圖幅包括複數時槽）之際，以該 TR 節點至少其一之位準，傳輸廣播指標封包；
- 使用 TDMA 規約之槽式結構，在剩餘的節點當中，傳播該指標封包，各節點是在副圖幅中預指定無衝突時槽，以傳播在該副圖幅的先前時槽內，從另一節點所接收之該指標封包；以及
- 接到該指標封包時，在該非 TR 節點至少其二內，基於更新的偏差值估計，更新內部時計。

該方法宜包括步驟為，在利用節點（B）從另一節點（A）接到該指標封包時，估計節點（A）傳輸該指標封包之時間，以及電算節點（A）的內部時計和節點（B）的內部時計間之偏差值。

該指標封包最好包括時戳，在該指標封包利用該 TR 節點傳輸時，具有 TR 節點之現時時計值。

按照特殊具體例，額外控制資訊從該 TR 節點至少其一，推廣至該通訊網路內之至少二該非 TR 節點。

該額外控制資訊宜在該指標封包內推廣。

有利的是，該副圖幅係同步化控制副圖幅（SCS），為控制副圖幅之一部份。

按照一具體例，在指定時槽內，只有一節點傳輸，其他節點則為「接收」模態。

該副圖幅之各時槽最好指定給節點，傳輸或傳播該指標封包，通過該通訊網路。

按照具體例，在該副圖幅預定時槽之際，當節點被指定傳輸時，其相鄰節點至少其一，已被指定在先前時槽內傳輸。

該方法最好包括步驟為，利用至少一節點維持並更新查表，該查表用來決定 δ 值，視該指標封包內資料率而定。

按照特殊具體例，該 δ 值等於下列三值之和：

- 在發送器的 MAC 傳輸延遲；
- 傳播延遲；和
- 在接收器的 MAC 接收延遲。

按照具體例，該方法包括步驟為，提供在傳輸節點之時戳，係在稱為 MAC（媒體存取控制）層之通訊網路規約層進行。

該方法最好包括步驟為，在稱為 MAC（媒體存取控制）層的通訊網路規約層，進行接收和解碼該指標封包。

有益的是，至少二副圖幅與副圖幅內的至少一頻道數（ k ）和至少一時間指數（ t ）關聯，而其中，在時間指數（ t ），屬於指定節點組（ j ）的節點，切換至該頻道（ k ），並進行至少一同步化步驟。

按照具體例，有二頻道數目和一時間指數（ t ），而在時間指數（ t ）的二頻道，各進行一同步化步驟。

按照另一具體例，有一單頻道數目和二分別之時間指數，而在二分別之時間指數，對該單頻道進行二同步化步驟。

有益的是，該頻道數目（ k ）在複數直交通訊頻道當中，指定通訊頻道。

本發明亦涉及 TDMA（劃時多元存取）內之通訊裝置，網路包括複數裝置，其間有些稱為時間參考（TR）節點，透過預定帶外同步化機制，同步於共同時間參考，其特徵為，包括下列所用機構：

- 接收廣播指標封包，在副圖幅的指定時槽之際，業已先行傳輸，各副圖幅包括複數時槽；
- 在接收該指標封包時，基於更新的偏差值預估，更新其內部時計；
- 使用 TDMA 規約之槽式結構，對控制副圖幅內之指定傳輸槽，再廣播該指標封包。

本發明具有的優點如下：

- 把限制執行時間和最低常務之 TDMA 緊密要求加以定址。各同步化指標推廣至網路，其時槽數量等於 P ，典型上低於 N ，即網路內節點數；
- 高度準確性。透過 IEEE 802.11 硬體實施本發明方法，達成數微秒程度的時計同步化。

【實施方式】

以下詳述參照附圖，更能清楚明白。

本發明可例如用於包含 N 節點的多元無線網路。在一具體例中，有些節點是時間參考 (TR) 節點。TR 節點係透過帶外同步化機制，諸如 GPS (全局定位系統) 裝置和原子時計，同步於共同時間參考。本發明同步化演算之目的，保持網路內所有節點的時計，同步於 TR 節點之時間參考。演算利用 TDMA 規約槽式結構，達成準確同步化，並把通訊常務減到最少。此發生在同步化控制副圖幅 (SCS) 之際，是控制副圖幅之一部份。主要構想是為 TR 節點，在 SCS 的第一槽傳輸廣播指標，觸發同步化，其餘節點則把此指標快速傳播至網路，同時把其 TR 時計之預估更新。

在無損概括性的情況下，可先矚目於單 TR 節點之情況。稍後，再討論涉及多 TR 節點的效益增進。先說明 SCS 結構，決定節點傳輸順序，旨在網路內快速傳播 TR 同步化指標。所陳述同步化演算，是利用 SCS 結構和實驗參數預估程序，有助於達成準確時計同步化。

SCS 排程是由 P 槽組成。於各槽之際，只有單一節點傳輸，而其餘呈「接收」模態。各節點在 SCS 之際頂多傳輸一次。SCS 排程的構成目標，是找出少 P 的槽指定，確保單一指標訊息以可靠方式從 TR 節點傳播至網路上其餘節點。第一 SCS 槽指定給 TR 節點，以傳輸在網路內要傳播的指標封包。其餘 SCS 槽指定給其他節點，使用多躍程無線網路的網路通訊曲線 $G(N,L)$ ，把指標傳播。曲線 $G(N,L)$ 頂點是網路節點，而邊緣為全部單向連路 (i,j) ，傳輸可從節點 i 以或然率

$p[i,j]$ 到達節點 j 。當指定節點在槽傳輸時，任何指定應保證在 $G(N,L)$ 之至少一相鄰節點，已指定在先前槽之時傳輸。此項拘限的緣起是，因為各節點可在 SCS 之際頂多傳輸一次。最佳指定視常務和可靠性間之權衡而定，較大 SCS 期限 P 的指定，產生較高常務和執行時間。另方面，可提供更大可靠性，因有更多傳輸，而節點有更佳機會從其鄰居接收指標封包。

第 1 圖表示對 $N=12$ 節點的多躍程無線網路 $G(N,L)$ 而言， $P=7$ 槽的同步化控制副圖幅 (SCS) 排程之例。網路曲線 $G(N,L)$ 的邊緣表示連路在節點末端間任一方向之通訊。在此例中，於 SCS 之際，在各控制副圖幅 ($\lambda=1$) 執行演算。TR (時間參考) 節點指定 SCS 內之第一槽。節點數指此等節點在 SCS 之際業已指定傳輸之槽。

演算說明著重在以固定節點數，於多躍程無線網路內，維持同步化。透過測距程序 (類似現時無線 TDMA 系統內遭遇的測距程序)，添加於網路之後，在演算執行中加入額外節點。

演算目標是更新節點的時計值，以維持與 TR 節點之同步化。演算在 SCS 之際運作，每一 λ 控制副圖幅周期性執行。演算可應用之最大頻率，是由 TDM 圖幅期限 F 決定。在此情況下，演算應用在各控制副圖幅 ($\lambda=1$)。

SCS 內之各槽係固定期限，等於 SlotTime。SlotTime 由二部份固定期限組成：閒置護衛時間部份 T_G ，和資料傳輸部份。護衛時間為必要之每槽常務，以遮蔽瞬時時計漂移。必須假設槽護衛時間 T_G 大到足以為 SCS 的期限 $P \cdot \text{SlotTime}$ 吸收時計漂移。此項保證全部節點均同步，並且在演算執行期間，於全部副圖幅 (控制, SCS, 資料) 開始和結束有共同視點。 T_G 亦應大到足以在不同 TDMA 圖幅，遮蔽不同演算中間發生的漂移。若 dr_i 是節點 i 從共同時間參考之時間漂移率，則槽護衛時間應滿足：

$$T_G \geq \lambda \max_{i \in N} (dr_i \cdot F), \quad \lambda = 1, 2, \dots$$

演算開始時，TR 節點廣播之指標，含有時戳，其現時計值在 SCS 之第一槽。接收指標之各節點（假設為在現時 SCS 中已接收的第一指標），電算對 TR 時計之時計偏差值，並根據 TR 節點的時計，決定次一資料副圖幅（DS）之起始。再於 SCS 內之指定槽之際，重新廣播指標（未修改）。槽指定確保到 SCS 結束時，全部節點均能夠以高度或然率，接收指標之至少一複本。在 SCS 結束時，全部節點根據其更新之偏差值預估，更新其時計。茲詳述接到指標時的偏差值電算，以及當演算終止時，在 SCS 結束時由全部節點所進行之時計更新作用。

茲說明在槽 i 接到指標時，各節點 n 之作動。接到指標時，設 $T_n(L)$ 為局部時計值。節點 n 首先電算節點 i 發送指標時間之預估 $T_i(L)$ ：

$$T_i(L) = T_n(L) - \delta \quad (1)$$

其中 δ 為指標要從節點 i 傳輸到節點 n 之總時間預估。茲在下一段說明如何預估 δ 。設 $T_i(L)$ ，當 TR 節點發送指標時，節點 n 即電算其時間預估 $T_s(L)$ ：

$$T_s(L) = T_i(L) - (i-1) \cdot SlotTime \quad (2)$$

最後，節點 n 使用指標時戳值 $T_s(R)$ ，根據節點 i 的樣本，預估 TR 時計之偏差值：

$$Offset(i) = T_s(R) - T_s(L) \quad (3)$$

在 SCS 的槽結束時，各節點 n 根據算出的偏差值，更新其局部時計。在 SCS 結束時，全部節點同時更新其時計之理由是，避免節點以新時計值在其他之前更新其時計之時，引起解同步化。

預估 δ

同步化演算的偏差值預估程序中唯一未知量，是式 (1) 之延遲 δ 。 δ 是時戳置於發送器的指標封包時間，和接收器的指標封包接收時間之間的總延遲。

按照具體例，考慮在發送器側的時戳操作實施，是在 MAC 層進行。在接收器側，指標封包之接收和解碼，亦在 MAC 層實施。由於網路規約堆疊之較高層，此等實施會略過延遲不確定性，諸如操作系統脈絡切換，和由於網路層資料途徑而延遲。此外，同步化演算在 TDMA 規約上方操作， δ 發生在時槽內，故不因 MAC 規約操作存在而有存取延遲。此與在隨機存取規約頂上操作的上述先前技術時計同步化演算相反。在此等先前技術演算中，存取延遲組份有重大意義，在同步化演算執行之際，需要連線預估。

δ 的唯一組份是在發送器的 MAC 傳輸延遲、傳播延遲，和 MAC 接收延遲。在發送器的 MAC 傳輸延遲具有決定性，可由指標封包尺寸和實體層資料傳輸率決定。在典型多躍程無線網路內遇到的節點間距離之傳播延遲，其幅度和對 TDM 規約的時槽顆粒性變化低。例如跨越半公里之傳播延遲，在幾乎之一微秒的程度，而本案跨越 IEEE 802.11 無線硬體之 TDM 規約實施，時計顆粒性在 1 微秒。主要未知量是接收器無線電間斷到達 MAC 層時的 MAC 接收延遲。雖然未知，但此量亦可預計較小，變化低。

藉離線測量 δ ，可以掌握 MAC 接收延遲之不確定性。此係透過實驗方法達成，觀摩發送器，接收器同步化握手規約。實驗如第 2 圖所示，其中節點 A 是發送器，而節點 B 是接收器。按照此實驗，節點 A 在時間 $T1(A)$ 發送指標，是由節點 B 在時間 $T2(B)$ 所接收。節點 B 在時間 $T3(B)$ 立即回應其本身指標，而節點 A 在時間 $T4(A)$ 接收此指標。時間 $T1(A)$ 、 $T4(A)$ 是以 A 的時計測量，而時間 $T2(B)$ 、 $T3(B)$ 則以 B 的時計測量。 $T1(A)$ 是節點 A 置於其指標內之時戳。

第 2 圖表示在二節點 A 和 B 間 δ 預估之訊息交換。

當 B 從 A 接收指標時，預估 A 傳輸（加時戳）指標之時間，即：

$$T1(B) = T2(B) - \delta \quad (4)$$

其中 δ 是要測定之參數。

此外，二時計間的偏差值計算如下：

$$Offset = T1(A) - T1(B) \quad (5)$$

在時間 $T3(B)$ ，節點發送其本身指標，但使用在 $T3(B)$ 、 $T3(A)$ 的 A 時計預估，加以時戳：

$$T3(A) = T3(B) + Offset \quad (6)$$

須知此程式與全部節點以同值對指標家時戳，即時戳起先以 TR 節點發送之線上同步化演算不同。在 A 於時間 $T4(A)$ 接到回應時，即預估瞬刻 $T3'(A)$ ，回應發送如下：

$$T3'(A) = T4(A) - \delta \quad (7)$$

由於時間瞬刻 $T3(A)$ 和 $T3'(A)$ 係以同樣時計參考預估，應等於：

$$T3'(A) = T3(A) \quad (8)$$

以式 (5) (6) (7) 代入式 (8)，得如下表達 δ ：

$$\delta = \frac{T4(A) - T3(B) + T2(B) - T1(A)}{2} \quad (9)$$

基於式 (9)，可在節點 A 測量 $T1(A)$ 、 $T4(A)$ ，和在節點 B 測量 $T2(B)$ 、 $T3(B)$ ，以預估 δ 。

上述實驗程序應對各支援之資料率重複多次，以電算每資料率之平均 δ 。於時計同步化演算執行中，各節點使用查表，決定相當於所接收指標封包內資料率值之 δ 。

於 SCS 排程的各槽之際，只有單一節點傳送，其餘節點在聽。此為保守排程，因為可能有節點遠離可在同槽傳輸，

而無衝突。然而，一般而言，不能檢復到準確預估 priori，其傳輸會干擾，尤其是在規約操作之際，干擾關係動態變化。利用時計同步化與干擾預估演算整合，仍然可達成進一步對應和常務減少，以開發空間再利用。干擾預估演算決定非干擾性節點組，可用於 SCS 排程設計。

演算可以多數 TR 節點操作。設 M 為 TR 節點數。網路分成 M 群，各以 TR 節點伺候。TR 節點 j 群連接至網路通訊曲線 $G(N,L)$ 之副曲線。對各 j 群而言，構成 P_j 槽之分開 SCS。於 j 群的 SCS 之際，執行單一 TR 節點演算，其指標訊息由相對應 TR 節點傳輸。若網路內只有單一頻道存在， M 個 SCS 即依序置於控制副圖幅內，暗示演算會依序跨越組群執行。若有 K 直交頻道存在，則可藉演算執行的時間重疊（重疊因數 K ），可減少常務。在此情況下，各 SCS 與頻道數 k 和控制副圖幅內的時間指數 t 有關聯。因此，在控制副圖幅之時間指數 t 時， j 群的全部節點即切換到頻道 k ，並執行同步化演算。第 3 圖表示在第 1 圖網路內 $M=2$ TR 節點和 $K=2$ 頻道之情況下，SCS 結構和演算執行之例。

可能有例如二頻道數和一時間指數 (t)。在此組態中，在時間指數 (t) 的二頻道各進行一同步化步驟。

亦可能有例如一單一頻道數和二分別時間指數。在此組態中，是在二分別時間指數，於該單一頻道上進行二同步化步驟。

第 3 圖呈現本發明方法之執行例，有 2 TR 節點和 $K=2$ 直交頻道。各群 SCS 由 $P=3$ 槽組成。二 SCS 可在時間上重疊，因各群執行對不同頻道的演算。

以上說明書、實施例和附圖，提供完整說明本發明方法。由於本發明可有許多具體例，不違本發明精神和範圍，故本發明以所附申請專利範圍為準。

【圖式簡單說明】

第 1 圖表示同步化控制副圖幅 (SCS) 排程例；

第 2 圖表示二節點 A 和 B 間 δ 預估之訊息交換；

第 3 圖表示執行本發明方法之例，有 2 TR 節點和 $K=2$ 直交頻道。

【主要元件符號說明】

TR 時間參考

SCS 同步化控制副圖幅

k 頻道數目

DS 次一資料副圖幅

δ 指標要從節點 i 傳輸到節點 n 之總時間預估

A,B 節點

T1(A),T2(B),T3(B),T4(A) 時間

七、申請專利範圍：

1.一種在劃時多元存取（TDMA）多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，該網路包括複數節點，其中有些稱為時間參考（TR）節點，透過預定帶外同步化機制，同步於共同時間參考，其他節點係稱為非 TR 節點，各節點包括內部時計，其特徵為，包括如下步驟：

- 在副圖幅的指定時槽（各副圖幅包括複數時槽）之際，以該 TR 節點至少其一之位準，傳輸廣播指標封包；
- 使用 TDMA 規約之槽式結構，在剩餘的節點當中，傳播該指標封包，各節點是在副圖幅中預指定無衝突時槽，以傳播在該副圖幅的先前時槽內，從另一節點所接收之該指標封包；以及
- 接到該指標封包時，在該非 TR 節點至少其二內，基於更新的偏差值估計，更新內部時計。

2.如申請專利範圍第 1 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中包括步驟為，由節點（B）從另一節點（A）接收該指標封包時，預估節點（A）傳輸該指標封包之時間，及一步驟為，電算節點（A）的內部時計和節點（B）的內部時計間之偏差值者。

3.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中該指標封包包括時戳，在該指標封包由該 TR 節點傳輸時，具有 TR 節點之現時時計值者。

4.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中額外控制資訊係由該 TR 節點至少其一，推廣至該通訊網路內之至少二該非 TR 節點者。

5.如申請專利範圍第 4 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中額外控制資訊係在該指標封包

內推廣者。

6.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中該副圖幅為同步化控制副圖幅 (SCS)，係控制副圖幅之一部份者。

7.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中在指定時槽內，只有一節點傳輸，而其餘節點則在「接收」模態者。

8.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中該副圖幅之各時槽，指定給節點，透過該通訊網路，傳輸或傳播該指標封包者。

9.如申請專利範圍第 8 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中於該副圖幅的預定時槽之際，節點被指定於傳輸，其鄰居節點至少其一業已在先前時槽內傳輸者。

10.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中包括步驟為，以至少一節點維持和更新查表，該查表係用來決定 δ 值，視該指標封包內的資料率值而定者。

11.如申請專利範圍第 10 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中該 δ 值等於下列三值：

—在發送器之 MAC 傳輸延遲；

—傳播延遲；以及

—在接收器之 MAC 接收延遲。

12.如申請專利範圍第 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中在傳輸節點提供時戳之步驟，係在稱為 MAC (媒體存取控制) 層之通訊網路規約層進行者。

13.如申請專利範圍第 1 或 2 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中包括步驟為，在稱為 MAC (媒體存取控制) 層之通訊網路規約層進行，接收和解

碼該指標封包者。

14.如申請專利範圍第 1 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中至少一副圖幅與至少一頻道數 (k) 和副圖幅內之至少一時間係數 (t) 關聯，且其中在時間係數 (t)，屬於指定之節點群 (j) 切換至該頻道 (k)，並進行至少一同步化步驟者。

15.如申請專利範圍第 14 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中有二頻道數和一時間指數，而在時間指數 (t)，於二頻道各進一同步化步驟者。

16.如申請專利範圍第 14 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中有單一頻道數和二分別時間指數，而在二分別時間指數，於該單一頻道進行二同步化步驟者。

17.如申請專利範圍第 14、15 或 16 項在 TDMA 多點跳躍通訊網路內一組節點之時計同步化方法，其中該頻道數 (k) 在複數直交通訊頻道當中，指定通訊頻道者。

18.一種在 TDMA (劃時多元存取) 多點跳躍通訊網路內之通訊裝置，該網路包括複數節點，其中有些稱為時間參考 (TR) 節點，透過預定帶外同步化機制，同步於共同時間參考，該裝置使用 TDMA 規約之時槽式結構通訊，其中裝置間之通訊是發生在周期圖幅內，各圖幅由至少一副圖幅組成，而各副圖幅由複數時槽組成，各裝置包括內部時計，其特徵為，又包括：

- 接收機構，在副圖幅內之第一時槽中，接收廣播指標封包，該第一時槽係預指定給該網路之另一裝置，以廣播該指標封包；
- 更新機構，在接到該指標封包時，基於更新之偏差值預估，更新其內部時計；以及
- 廣播機構，對該副圖幅業已預指定給該裝置的第二時槽，廣播該指標封包，該第二時槽係在該副圖幅

的第一時槽之後發生者。

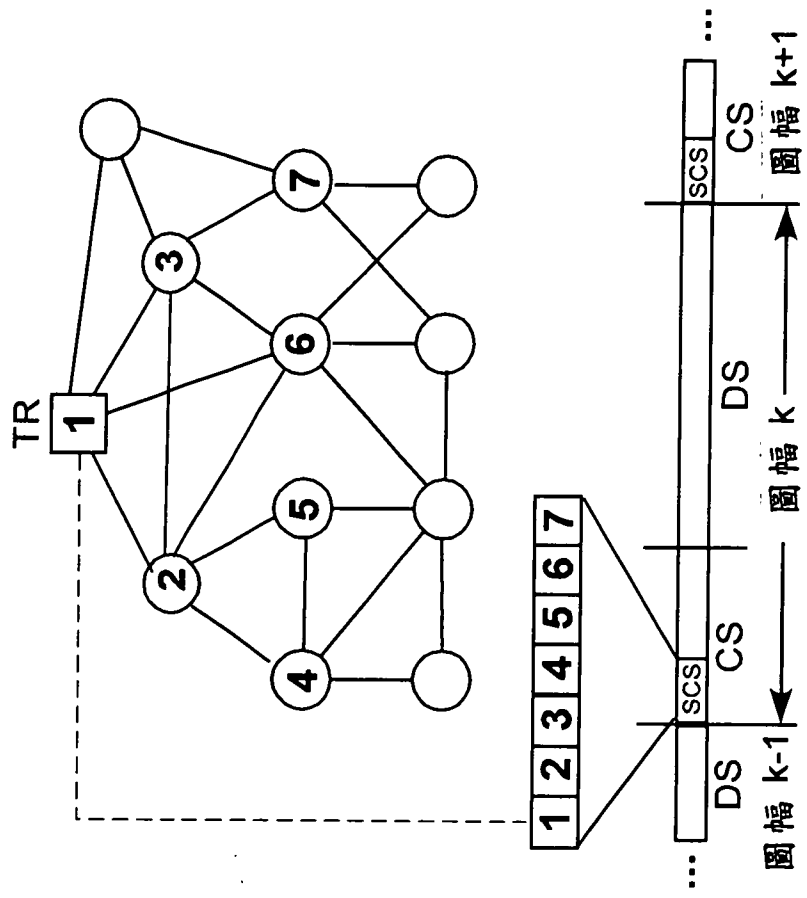


圖 1

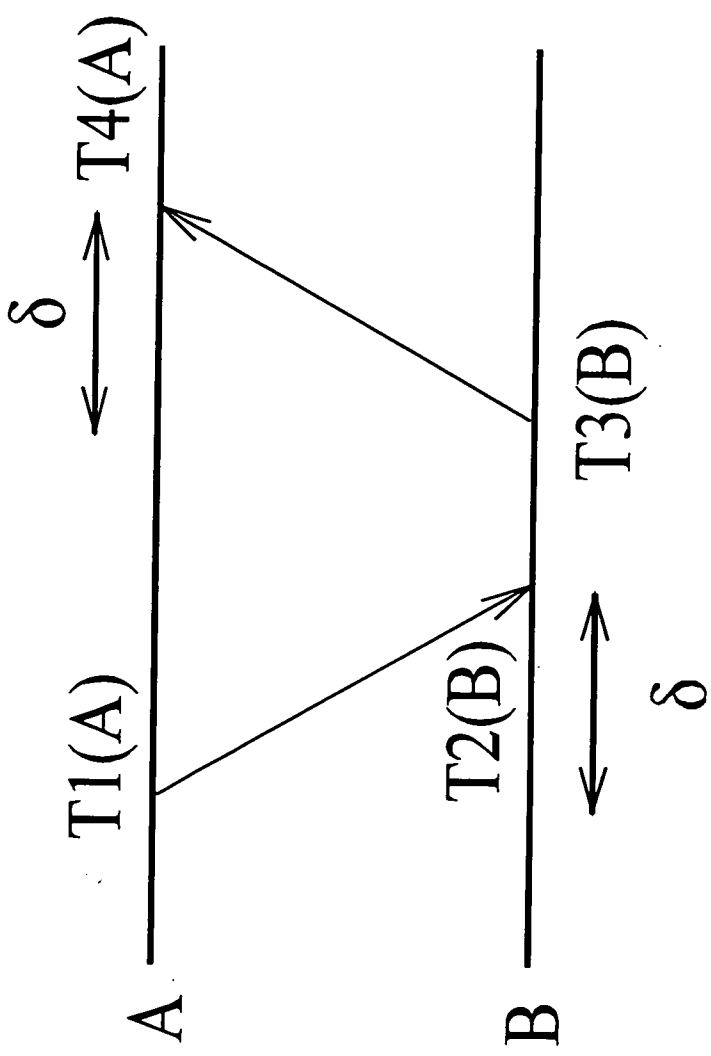


圖 2

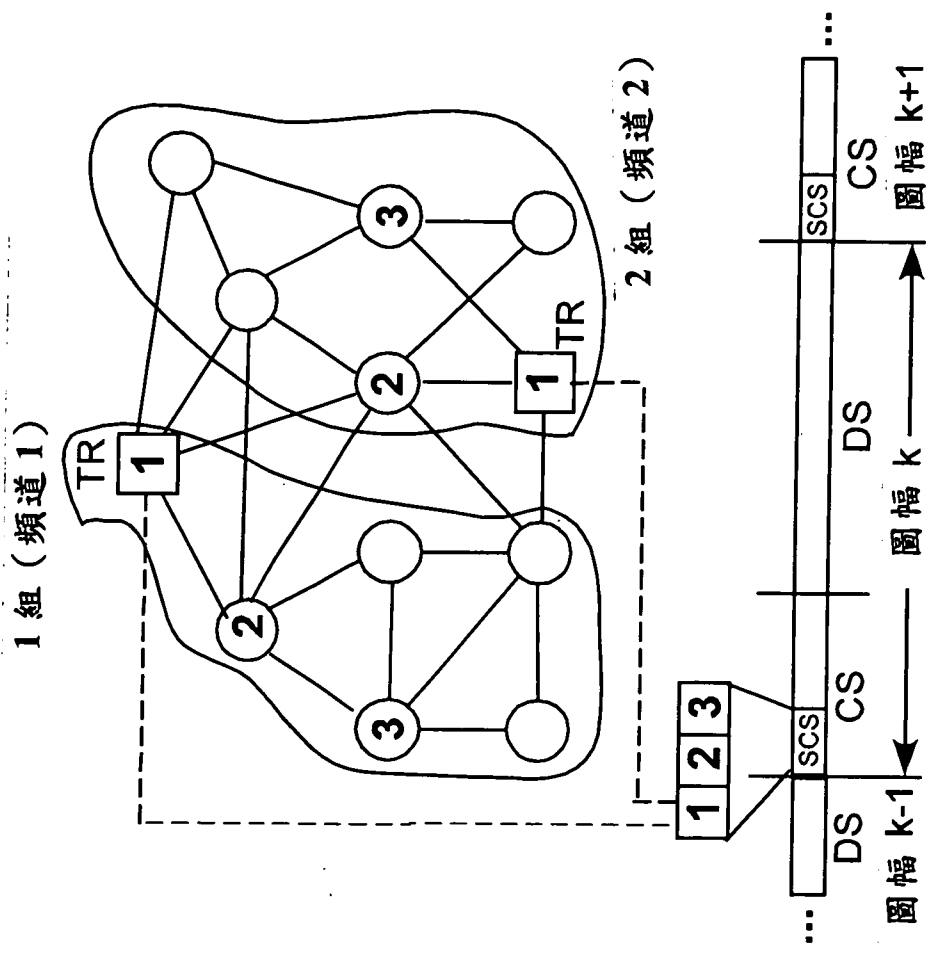


圖 3