

(21)申請案號：102121139

(22)申請日：中華民國 102 (2013) 年 06 月 14 日

(51)Int. Cl. : H04B10/25 (2013.01)

H04J14/02 (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：宋峻宇 SUNG, JIUN YU (TW) ; 鄒志偉 CHOW, CHI-WAI (HK) ; 葉建宏 YEH, CHIEN HUNG (TW)

(74)代理人：林火泉

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：11 項 圖式數：11 共 26 頁

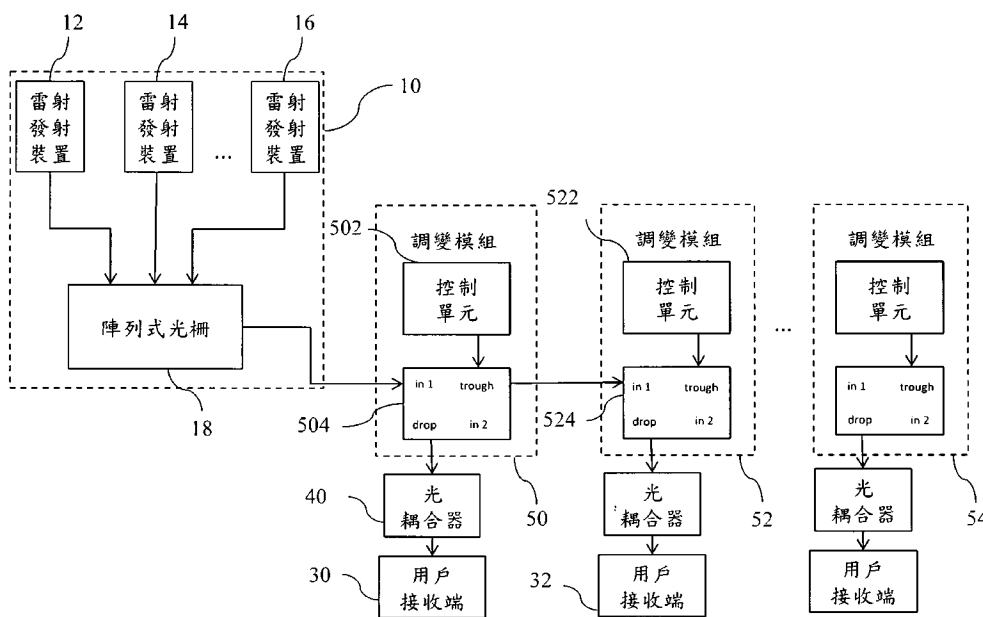
(54)名稱

分波多工光纖網路系統

WDM OPTICAL FIBER NETWORK SYSTEM

(57)摘要

本發明提供一種分波多工光纖網路系統，其係包括一訊號提供端產生至少一組複數不同波長的波長信號，訊號提供端並訊號連接複數調變模組，每一調變模組並分別連接到用戶接收端，調變模組包括：一控制單元產生一亂數序列碼，並根據亂數序列碼對應產生一控制信號至第一調變單元，其並訊號連接訊號提供端，以接收波長信號，再根據控制信號，控制第一調變單元擷取一波長信號，並可根據亂數序列碼快速變換控制信號，使第一調變單元快速變換擷取不同波長的波長信號至用戶接收端，以防止攻擊者攻擊固定波長。



10：訊號提供端

12：雷射發射裝置

14：雷射發射裝置

16：雷射發射裝置

18：陣列式光柵

30：用戶接收端

32：用戶接收端

40：光耦合器

50：調變模組

52：調變模組

54：調變模組

502：控制單元

504：第一調變單元

522：控制單元

524：第一調變單元

第三圖

## 發明摘要

※ 申請案號：

※ 申請日： 102121100  
102. 6. 14

※IPC分類：H04B 10/55(2013.01)

H04J 14/02 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

分波多工光纖網路系統 / WDM optical fiber network system

【中文】

本發明提供一種分波多工光纖網路系統，其係包括一訊號提供端產生至少一組複數不同波長的波長信號，訊號提供端並訊號連接複數調變模組，每一調變模組並分別連接用戶接收端，調變模組包括：一控制單元產生一亂數序列碼，並根據亂數序列碼對應產生一控制訊號至第一調變單元，其並訊號連接訊號提供端，以接收波長信號，再根據控制訊號，控制第一調變單元擷取一波長信號，並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元快速變換擷取不同波長的波長信號至用戶接收端，以防止攻擊者攻擊固定波長。

【英文】

The present invention relates to a WDM optical fiber network system, which comprises an optical line termination producing at least a group of plurality different wavelength signals. The optical line termination connects with plurality modulate modules. Each modulate module connects with an optical network unit. Each modulate module comprises: A control unit which produces a pseudo-random sequence and a control signal according to the pseudo-random sequence; First modulate unit which connects with the optical line termination, and receives the signals. Each first modulate unit selects a specific wavelength

# 201448493

to be received according to the control signal. The fast control signal makes the receiving wavelengths change rapidly; hence prevents the aggressor attacks against a specific wavelength.

**【代表圖】**

**【本案指定代表圖】**：第（三）圖。

**【本代表圖之符號簡單說明】**：

- 10 訊號提供端
- 12 雷射發射裝置
- 14 雷射發射裝置
- 16 雷射發射裝置
- 18 陣列式光柵
- 30 用戶接收端
- 32 用戶接收端
- 40 光耦合器
- 50 調變模組
- 502 控制單元
- 504 第一調變單元
- 52 調變模組
- 522 控制單元
- 524 第一調變單元
- 54 調變模組

**【本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式】**：

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

分波多工光纖網路系統 / WDM optical fiber network system

## 【技術領域】

【0001】 本發明係有關一種光通訊，特別是指一種具高安全性之分波多工光纖網路系統。

## 【先前技術】

【0002】 爲了在上網時能夠具有更高品質的享受，以及多種服務的整合，愈來愈高速的傳輸技術是未來科技發展的必然趨勢之一。因此無論是作爲中介的網路架構或是未來高速網路的傳輸架構，光纖網路架構中的分波多工 (Wavelength Division Multiplexing, WDM) 的技術被視爲下一代網路系統的重點技術，但在享有高速的傳輸速度之餘，通訊安全亦是所有人所關心的重要議題。

【0003】 現有的光纖網路架構主要採用分時多工 (Time Division Multiplexing, TDM) 技術。一般對光網路分時多工 (TDM) 技術的認知是下傳信號可能會因爲廣播的傳遞形式而有安全性問題。但根據論文 “TDM-PON Security Issues: Upstream Encryption is Needed” 中提到，上傳信號的安全問題也不可忽視。

【0004】 目前解決資訊安全性的方法，主要在於對服務提供端和用戶端做雙向的身分認證，並將傳輸資料做加密編碼。這種認證與加密的方法只涉及封包的接收與表頭處理，由於信號已經被正確的接收到用戶端，因此如果有特殊演算法，或是編碼方式被破解，仍舊有通訊安全上的疑慮，而爲了提升安全性所增加的封包表頭，也可能會造成頻寬的浪費。

【0005】 基於分波多工（WDM）與分波多工分時多工混合（WDM-TDM）兩種技術的光網路具有較高的資料傳輸量與安全性，因此，此兩種網路架構被視為下一代被動光網路（PON）系統的主要技術之一，但這些技術在許多網路規範細節上仍有很大的改良空間。由於使用分波多工（WDM）技術的被動光網路（PON），並不像一般使用分時多工（TDM）技術的被動光網路（PON），使用廣播的信號下傳方式，因此分波多工被動光網路（WDM-PON）被視為一種相對安全的網路架構。為此，鮮少有人討論未來分波多工被動光網路（WDM-PON）以及分波多工分時多工混合被動光網路（WDM-TDM-PON）的安全性技術。然而實際上，只要惡意攻擊者有足夠的技術，透過刺探攻擊目標在分波多工被動光網路（WDM-PON）或分波多工分時多工混合被動光網路（WDM-TDM-PON）的使用波長後，攻擊仍舊能夠實現。

【0006】 有鑑於此，本發明遂針對上述習知技術之缺失，提出一種分波多工光纖網路系統，以有效克服上述問題。

#### 【發明內容】

【0007】 本發明之主要目的在提供一種分波多工光纖網路系統，其係產生一組只有服務提供端與用戶接收端知道的虛擬亂數序列，以根據亂數序列碼快速變換波長信號，可防止攻擊者攻擊固定的波長信號，預防波長信號被入侵更改。

【0008】 本發明之另一目的在提供一種分波多工光纖網路系統，其係波長可快速變換，一般儀器難以偵測到，加強光纖網路的安全性。

【0009】 為達上述之目的，本發明提供一種分波多工光纖網路系統，其係包括一訊號提供端產生至少一組複數不同波長的波長信號，訊號提供端並訊號連接複數調變模組，每一調變模組並分別連接用戶接收端，調變

模組包括：一控制單元產生一亂數序列碼，並根據亂數序列碼對應產生一控制訊號至第一調變單元，其並訊號連接訊號提供端，以接收波長信號，再根據控制訊號，控制第一調變單元擷取一波長信號，並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元快速變換擷取不同波長的波長信號至用戶接收端。

【0010】 底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

## 【圖式簡單說明】

### 【0011】

第一圖係為本發明之分波多工被動光纖網路系統方塊圖。

第二圖係為本發明之分波多工無源光纖網路系統方塊圖。

第三圖係為本發明之系統方塊圖。

第四圖係為本發明之分波多工光纖網路環狀排列系統方塊圖。

第五圖係為本發明之分波多工光纖網路樹狀排列系統方塊圖。

第六圖係為本發明之重調變技術之部分系統方塊圖。

第七圖係為本發明之載波分配技術之部分系統方塊圖。

第八圖係為本發明之下傳實驗系統方塊圖。

第九圖係為本發明之下傳實驗結果示意圖。

第十圖係為本發明之上傳實驗系統方塊圖。

第十一圖係為本發明之上傳實驗結果示意圖。

## 【實施方式】

【0012】 本實施例係可應用於分波多工被動光網路WDM-PON或分波多工分時多工混合被動光網路WDM-TDM-PON的架構中。如第一圖所示其中WDM-PON的主要概念係訊號提供端10包括複數雷射發射裝置

12~16，每一雷射發射裝置12~16分別發出不同波長信號，每一雷射發射裝置12~16並連接一陣列式光柵18，以將複數不同波長的波長信號整合為一組波長信號，波長信號傳遞至遠端後，遠端並另設有連接一陣列式光柵20' (Arrayed waveguide grating, AWG)，以將訊號提供端10所發出不同的波長信號分出來分給不同用戶接收端30，由於單一波長可以載的資料量非常大，通常一個波長的資料量可以提供給多個用戶接收端30，於是WDM-TDM-PON便被提出用來，以更加有效地整合與利用光網路。而WDM-TDM-PON顧名思義是WDM-PON和TDM-PON兩種光網路的混合架構，TDM-PON相較於WDM-PON主要是將所有用戶的資料載在同一波長上，而不同用戶依據其被分配到的時段，使用特定光波長下載(Downstream)或上傳(Upstream)資料，WDM-TDM-PON汲取了WDM-PON和TDM-PON兩種架構的特性，即係在WDM-PON的陣列式光柵20後再加上一個光耦合器40(Optical Coupler)將下傳光信號以廣播(Broadcast)的方式傳給同一波長的所有用戶接收端30，而不同用戶接收端30則依據其被分配到的使用時段，接收或上傳資料。

**【0013】** 本發明係可應用於WDM-PON架構與WDM-TDM-PON架構中，本實施例係以WDM-TDM-PON架構下做為實施例的說明，如第三圖所示，設有一訊號提供端10，其包括複數雷射發射裝置12~16，每一雷射發射裝置12~16分別發出不同波長信號，每一雷射發射裝置12~16並連接一陣列式光柵18，以將複數不同波長的波長信號整合為一波長信號；訊號提供端10將波長信號傳送至複數調變模組50~54，其可取代習知技術中於遠端中所設置的陣列式光柵20，其中每一個調變模組50~54皆包括，一控制單元以及一第一調變單元，本實施例係以調變模組50以及調變模組52為例，其中調變模組50具有一控制單元502以及一第一調變單元504，調變模組52則具有



控制單元522以及一第一調變單元524，以調變模組50為例，控制單元502係產生一亂數序列碼，並根據亂數序列碼對應產生一控制訊號；以及一第一調變單元504其係為矽環（silicon ring）、布拉格式光纖光柵（Fiber Bragg grating, FBG）或光循環器等，本實施例係以矽環當作實施例說明，其中矽環具有四個埠，分為通過埠（through port）、輸出埠（drop port）、第一輸入端（in 1）以及第二輸入端（in 2），第一調變單元504並根據控制單元502所產生的控制訊號，控制第一調變單元184第一輸入端（in 1），擷取其中一波長信號，控制單元502並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元504快速變換擷取不同波長的波長信號，擷取的信號再由輸出埠（drop port）輸出至光耦合器40後以廣播的方式傳給同一波長的所有用戶接收端30，剩餘的波長信號則由通過埠（through port）將剩餘波長信號傳遞至下一個調變模組52。

**【0014】** 上述調變模組係可如第四圖所示，根據用戶接收端30~32的排列方式將複數調變模組50~58互相串接為一環狀網路架構，訊號提供端10並傳輸波長信號至調變模組50後，以使調變模組50根據亂數序列碼擷取一波長信號後，透過光耦合器40以廣播的方式傳遞至用戶接收端30，並將剩下的波長信號傳遞至下一調變模組52後，以擷取一波長訊號後將波長訊號傳遞之下一用戶接收端32。

**【0015】** 本案亦可為樹狀網路架構排列，請參照第五圖，如圖所示若本發明為樹狀網路架構時，複數調變模組50~58根據每一用戶接收端的樹狀排列，並排連接為一樹狀架構，以使調變模組50根據亂數序列碼擷取一波長信號後，透過光耦合器40以廣播的方式傳遞至用戶接收端30，並將剩下的波長信號傳遞至下一調變模組52，以擷取一波長訊號後將波長訊號傳遞之下一用戶接收端32。

【0016】 說明完上述之架構後，接續參照第三圖與第四圖，以說明訊號傳遞方法，本實施例係以環形網路架構作為實施例說明，藉由訊號提供端10產生一組複數不同波長的波長信號後，分別傳送至調變模組50中的一第一調變單元504，控制單元502並產生亂數序列碼，根據亂數序列碼對應產生控制訊號，使第一調變單元504根據控制訊號藉由第一輸入埠（in 1）擷取其中一波長信號後，將擷取的波長信號透過輸出埠（drop port）傳遞至光耦合器40後，以廣播的方式傳給同一波長的所有用戶接收端30，並將剩餘的波長信號由通過埠（through port）傳遞至下一個調變模組52的第一輸入埠（in 1）中，下一個調變模組52中的控制單元502，再根據亂數序列碼產生控制訊號，使第一調變單元504根據控制訊號擷取剩餘的其中一波長信號至用戶接收端32後，剩餘的波長信號再透過通過埠（through port）傳遞至下一個調變模組54中，依此類推將剩餘的波長信號傳遞至每一調變模組56、58；再者，亂數序列碼可隨時間快速變換，因此根據控制單元502並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元504快速變換擷取不同波長的波長信號，使用戶接收端30的使用波長快速變動，一般攻擊者在無法確定用戶接收端30身分使用波長的情形下，攻擊無法實現。且透過這個方法，同一個用戶接收端30使用的波長信號會隨著時間而改變，如此一來，惡意的攻擊者在無法掌握攻擊對象波長信號的情形下，竊聽、拒絕服務、身分冒充等目的將難以達成。

【0017】 上述之控制單元502係為熱控制裝置，以根據亂數序列碼對應產生不同溫度的熱控訊號，再根據熱控訊號控制第一調變單元504擷取其中一波長信號。上述之控制單元502亦可為電控制裝置，以根據亂數序列碼對應產生不同的電控訊號，再根據電控訊號控制第一調變單元504擷取其中一波長信號，使波長信號受到亂數序列碼透過熱控或電控的方式不斷改變。

【0018】 通常網路系統除了將資料下傳當然也需上傳，因此本發明之上傳技術係可利使用重調變(re-modulation)或載波分配(carrier distribution)之技術上傳波長信號，若使用利用重調變(re-modulation)之技術時，使用的架構如第六圖所示，波長信號藉由第一調變單元504第一輸入端(in 1)接收波長信號後，接藉由輸出埠(drop port)將波長信號傳遞至光耦合器40後，以廣播的方式將波長信號傳遞至用戶接收端30以及一反射調變單元60，在此本實施例舉例反射調變單元60係使用反射式半導體光放大器，反射調變單元60將訊號重新調變後形成一調變上傳訊號，以回傳調變上傳訊號至第一調變單元504第二輸入端(in 2)，以供第一調變單元504上傳調變上傳訊號於訊號提供端10。

【0019】 接下來請參照第七圖，如圖所示若利用載波分配(carrier distribution)之技術，調變模組50中則需再設置第二調變單元506與第一調變單元504訊號連接，第二調變單元506的第一輸入端(in 1)與第一調變單元504的通過埠(throught port)訊號連接；訊號提供端10並發射光載子與波長信號等資料一起被傳遞下來，第一調變單元504接收波長信號後將波長信號經輸出埠(drop port)傳遞光耦合器40後，以廣播的方式將波長信號傳遞至用戶接收端30，波長信號並經由第一調變單元504的通過埠(throught port)將波長傳遞至第二調變單元506，使第二調變單元506則將波長信號傳遞經由輸出埠(drop port)輸出至一反射調變單元60，反射調變單元60將上傳信號載到光載子上，以產生一上傳訊號，並將上傳訊號經由輸入端(in 2)回傳至第二調變單元506，以將上傳信號上傳至訊號提供端10。

【0020】 接下來說明使用本案的實驗數據，下傳的實驗系統係如第八圖所示，利用二雷射70產生光訊號傳遞至單一調變器72，在傳遞至第一調變單元504後分別由通過埠(throught port)與輸出埠(drop port)，傳遞至

可調式光衰減器 ( Variable optical attenuator, VOA ) 74、74'以及接收端78、78'以量測通過埠 ( through port ) 與輸出埠 ( drop port ) 的實驗數據，實驗結果請參照第九圖，其中圓形代表傳遞25公里後對接 ( Back-to-Back, B2B ) 的數據，三角形代表傳遞25公里後再傳遞8公里輸出埠 ( drop port ) 的數據，方形代表傳遞25公里後通過埠的數據 ( through port ) 的數據，可以看出對接 ( Back-to-Back, B2B ) 和傳遞25公里後經由調變單元的輸出埠 ( drop port ) 和通過埠 ( through port ) 出來的信號，各自大約有1 dB的功率損失 ( power penalty )。第一調變單元504的輸出埠 ( drop port ) 和通過埠 ( through port ) 之間的功率損失 ( power penalty ) 可能是兩個埠消光率 ( Extinction Ratio, ER ) 的差異所造成。而從通過埠 ( through port ) 出來的信號再傳遞8公里後又有1 dB左右的功率損失，這可能是前一級的第一調變單元504的輸出埠 ( drop port ) 沒有完全將光濾掉使得兩個波長信號干擾造成的。

**【0021】** 接下來參照第十圖與第十一圖，第十圖係為上載的量測架構，其透過雷射70發出光訊號傳遞至第一調變單元504，並利用一個帶通濾波器79 ( Bandpass Filter ) 來模擬光信號透過第一調變單元504回到光網路的情形，並將傳遞至可調式光衰減器74以及接收端78以量測結果。接下來請參照第十一圖，其係為是上傳信號的量測結果，如圖所示在60 mA的注入電流下，上傳信號有最好的品質，過低的注入電流可能造成反射調變單元60的操作不完整，而過高的注入電流，可能造成飽和與頻寬變化等機制讓反射調變單元60的調變效果變差。

**【0022】** 綜上所述，本案可產生一組只有服務提供端與用戶接收端知道的虛擬亂數序列，以跟根據亂數序列碼快速變換波長信號，可防止攻擊者攻擊固定的波長信號，預防波長信號被入侵更改，且由於波長可快速變換，一般儀器難以偵測到，更有效加強光纖網路的安全性。

【0023】 唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

## 【符號說明】

### 【0024】

- 10 訊號提供端
- 12 雷射發射裝置
- 14 雷射發射裝置
- 16 雷射發射裝置
- 18 陣列式光柵
- 20 陣列式光柵
- 30 用戶接收端
- 32 用戶接收端
- 40 光耦合器
- 50 調變模組
- 502 控制單元
- 504 第一調變單元
- 506 第二調變單元
- 52 調變模組
- 522 控制單元
- 524 第一調變單元
- 54 調變模組
- 56 調變模組
- 58 調變模組

60	反射調變單元
70	雷射
72	單一調變器
74	可調式光衰減器
74'	可調式光衰減器
78	接收端
78'	接收端
79	帶通濾波器

## 申請專利範圍

1. 一種分波多工光纖網路系統，包括：
  - 一訊號提供端，產生至少一組複數不同波長的波長信號；
  - 複數調變模組，訊號連接該訊號提供端，每一該調變模組包括：
    - 一控制單元，產生一亂數序列碼，並根據該亂數序列碼對應產生一控制訊號；以及
    - 至少一第一調變單元，訊號連接該訊號提供端以及該控制單元，以接收該波長信號，並根據該控制單元所產生之該控制訊號，控制該第一調變單元擷取一該波長信號，並可根據該亂數序列碼快速變換該控制訊號，使該第一調變單元快速變換擷取不同波長的該波長信號；以及
  - 複數用戶接收端，每一該用戶接收端分別訊號連接一該調變模組，以接收該調變模組所擷取的其中一該波長信號。
2. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該調變模組更包括一第二調變單元與該第一調變單元訊號連接，以利用載波分配（carrier distribution）之技術將該波長信號調整後上傳至該訊號提供端，該第一調變單元接收該波長信號後，將該波長信號傳遞至該用戶接收端及該第二調變單元，使該第二調變單元將該波長信號傳遞至一反射調變單元，以產生一上傳訊號，並將該上傳訊號回傳至該第二調變單元，以將該上傳信號上傳至該訊號提供端。
3. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該調變模組係利用重調變（re-modulation）之技術將該波長信號調整後上傳至該訊號提供端，該第一調變單元，將該波長信號傳遞至該用戶接收端以及一反射調變單元，該反射調變單元並將訊號重新調變後形成一調變上傳訊號，以回傳

該調變上傳訊號至該第一調變單元，以供該第一調變單元上傳該調變上傳訊號於該訊號提供端。

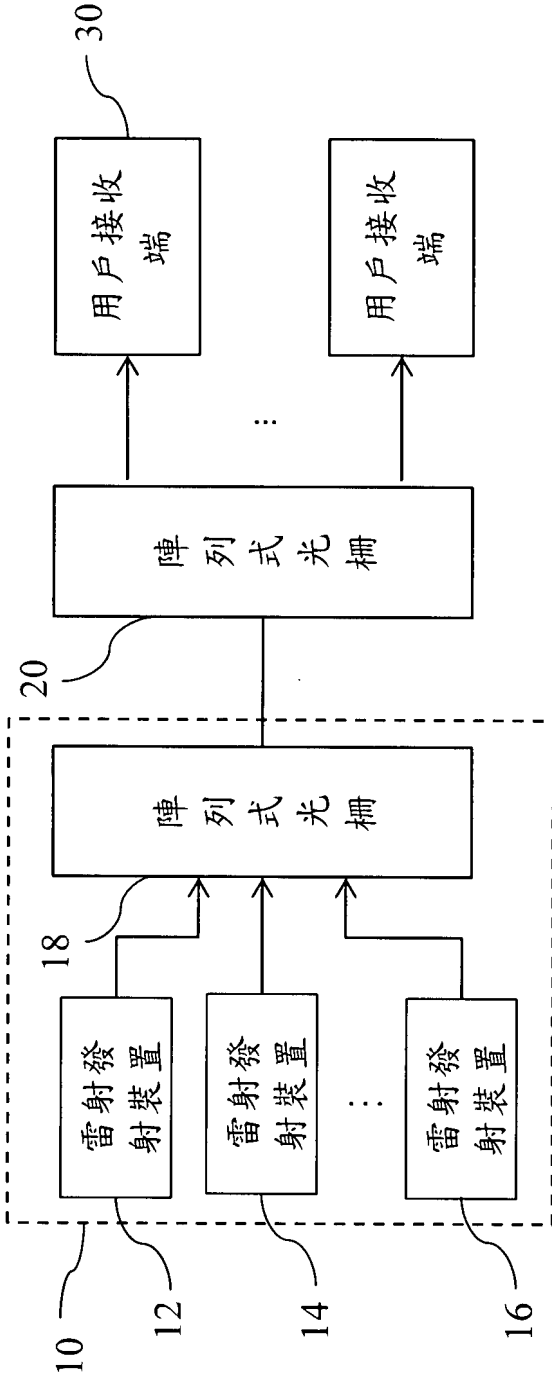
4. 如請求項1所述之光分波多工纖網路系統，其中該控制單元係為熱控制裝置，以根據該亂數序列碼對應產生不同溫度的熱控訊號，再根據該熱控訊號控制該第一調變單元擷取其中一該波長信號。
5. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該控制單元係為電控制裝置，以根據該亂數序列碼對應產生不同的電控訊號，再根據該電控訊號控制該第一調變單元擷取其中一該波長信號。
6. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該訊號提供端更包括複數雷射發射裝置，每一該雷射發射裝置分別發出不同波長信號，該等雷射發射裝置並連接一陣列式光柵，以將該複數不同波長的波長信號整合為一組該波長信號。
7. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，更包括一光耦合器訊號連接該第一調變單元，以將該波長信號以廣播的方式傳遞於該用戶接收端。
8. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該等調變模組係互相串接為一環狀網路架構，該訊號提供端並傳輸該等波長信號以及該亂數序列碼至一該調變模組後，以使該調變模組根據該亂數序列碼擷取一該波長信號後，傳遞至該用戶接收端，並將剩下的該波長信號傳遞至下一該調變模組，以擷取一該波長訊號後並將該波長訊號傳遞之下一該用戶接收端。
9. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該等調變模組並排連接為一樹狀網路架構，使該波長信號根據該亂數序列碼分別將不同的該波長信號傳送至每一該用戶接收端。
10. 如請求項2所述之分波多工光纖網路系統，其中該第一調變單元與該第



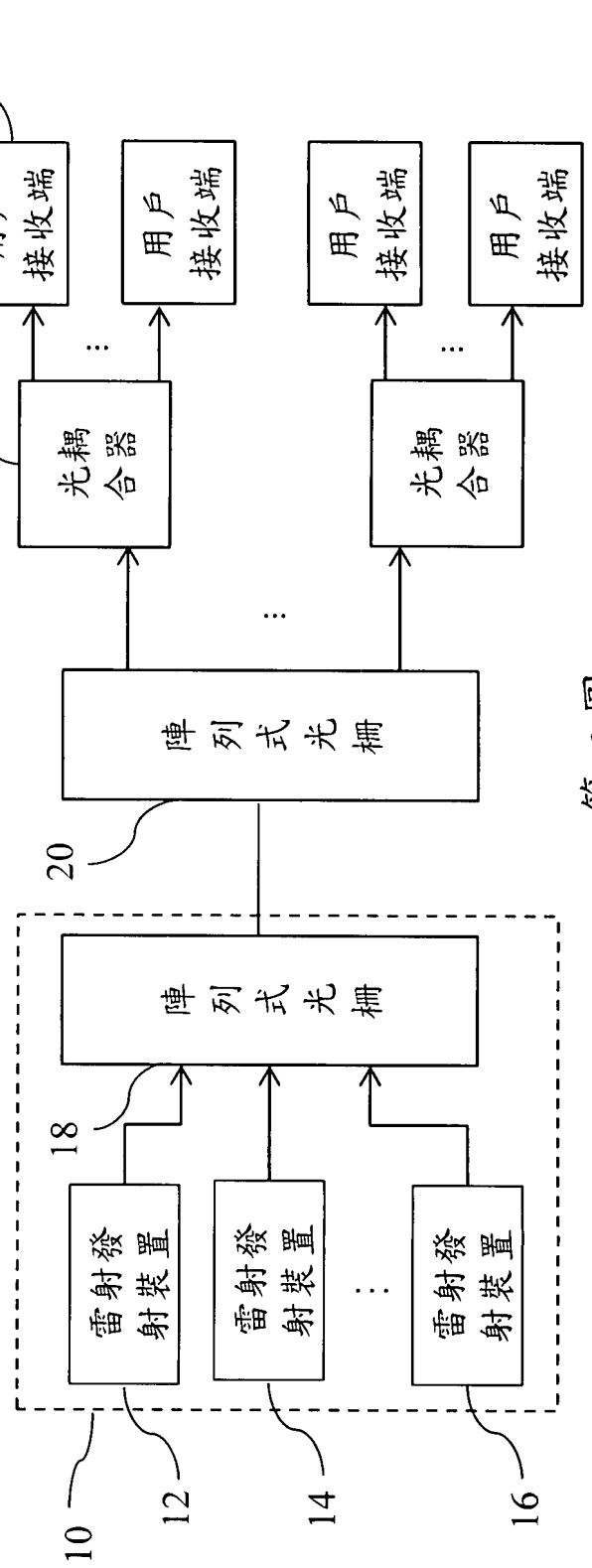
二調變單元為矽環 (silicon ring)。

11. 如請求項2所述之分波多工光纖網路系統，其中該第一調變單元與該第二調變單元為布拉格式光纖光柵(Fiber Bragg grating, FBG)或光循環器。

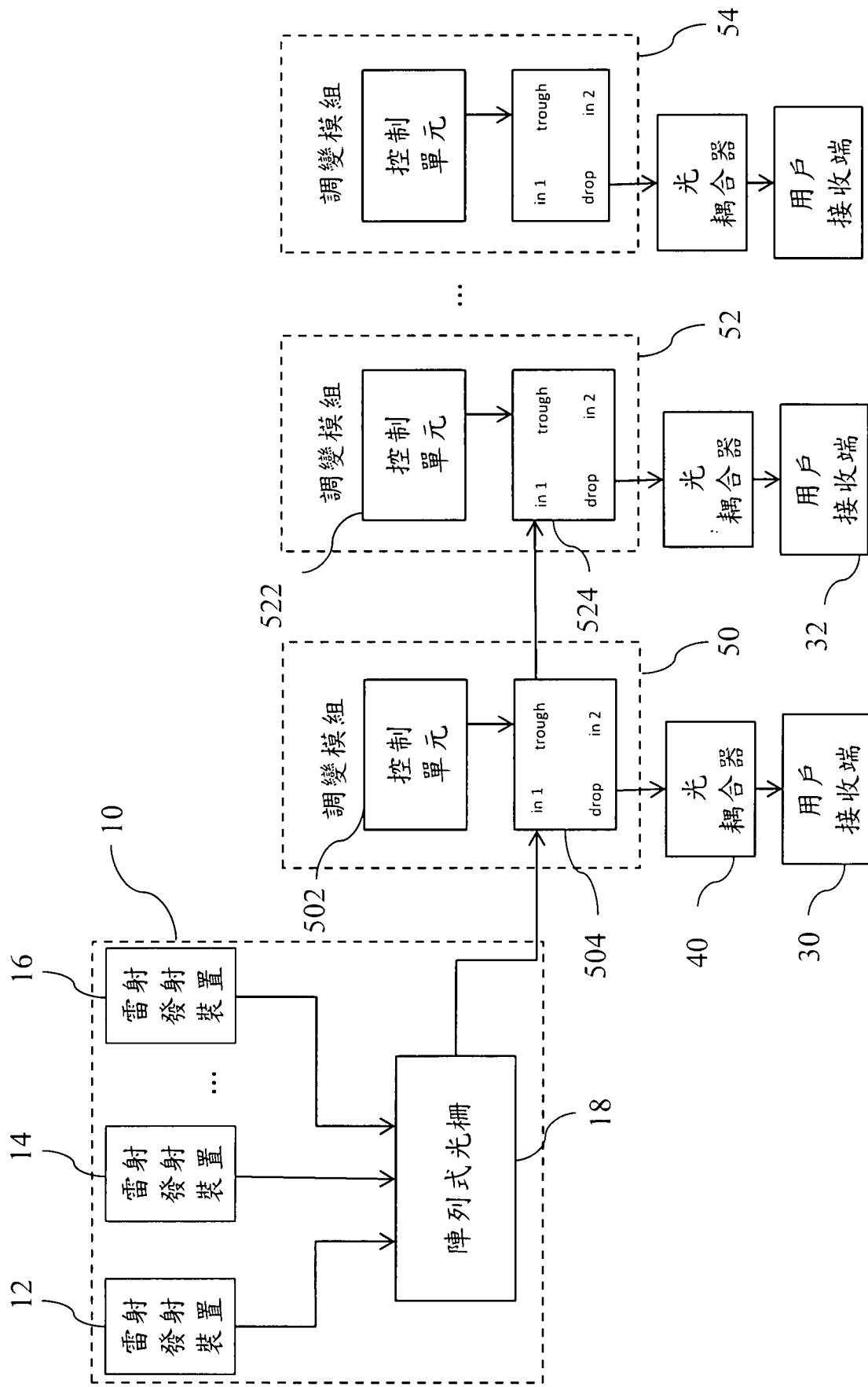
圖式



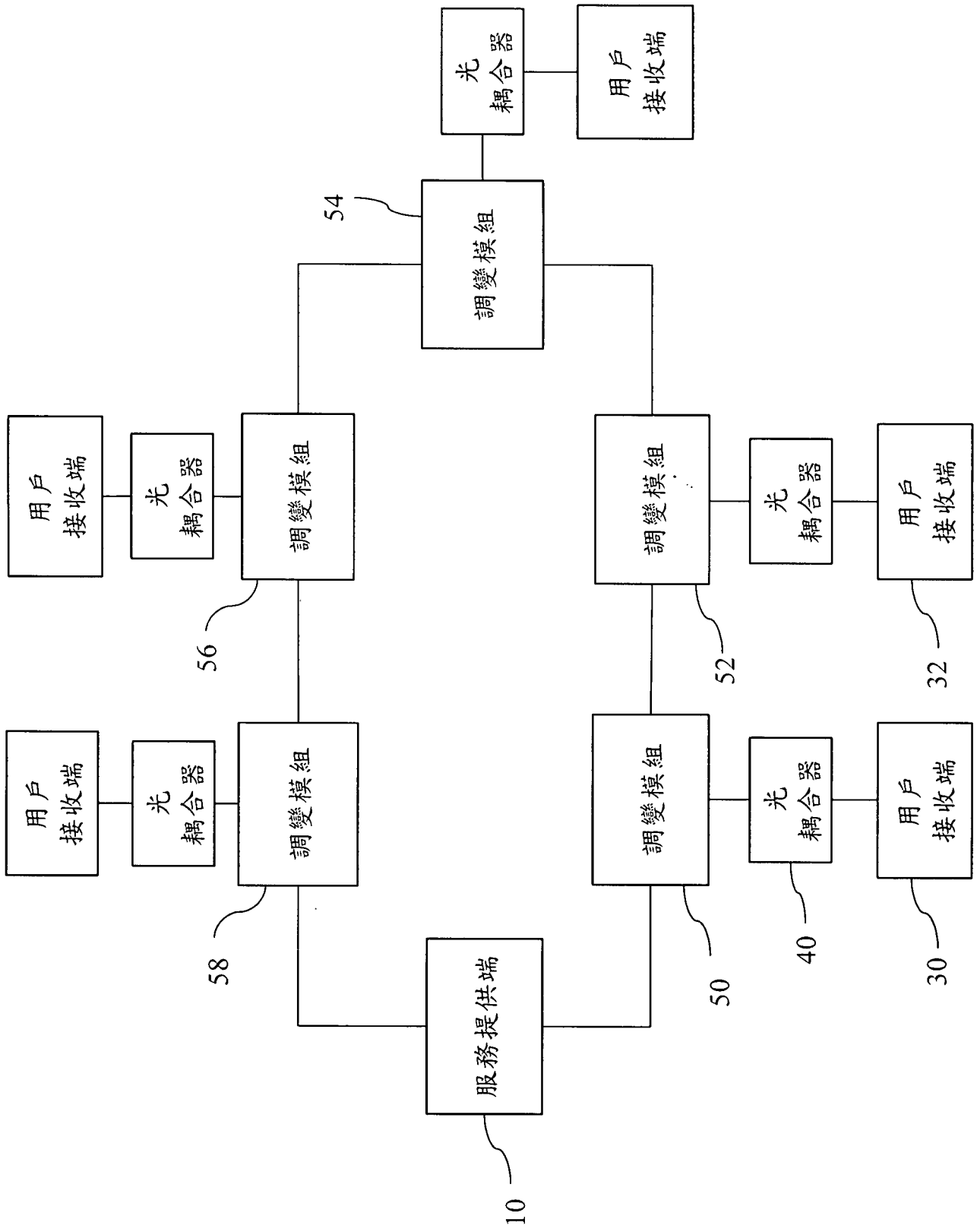
第一圖



第二圖

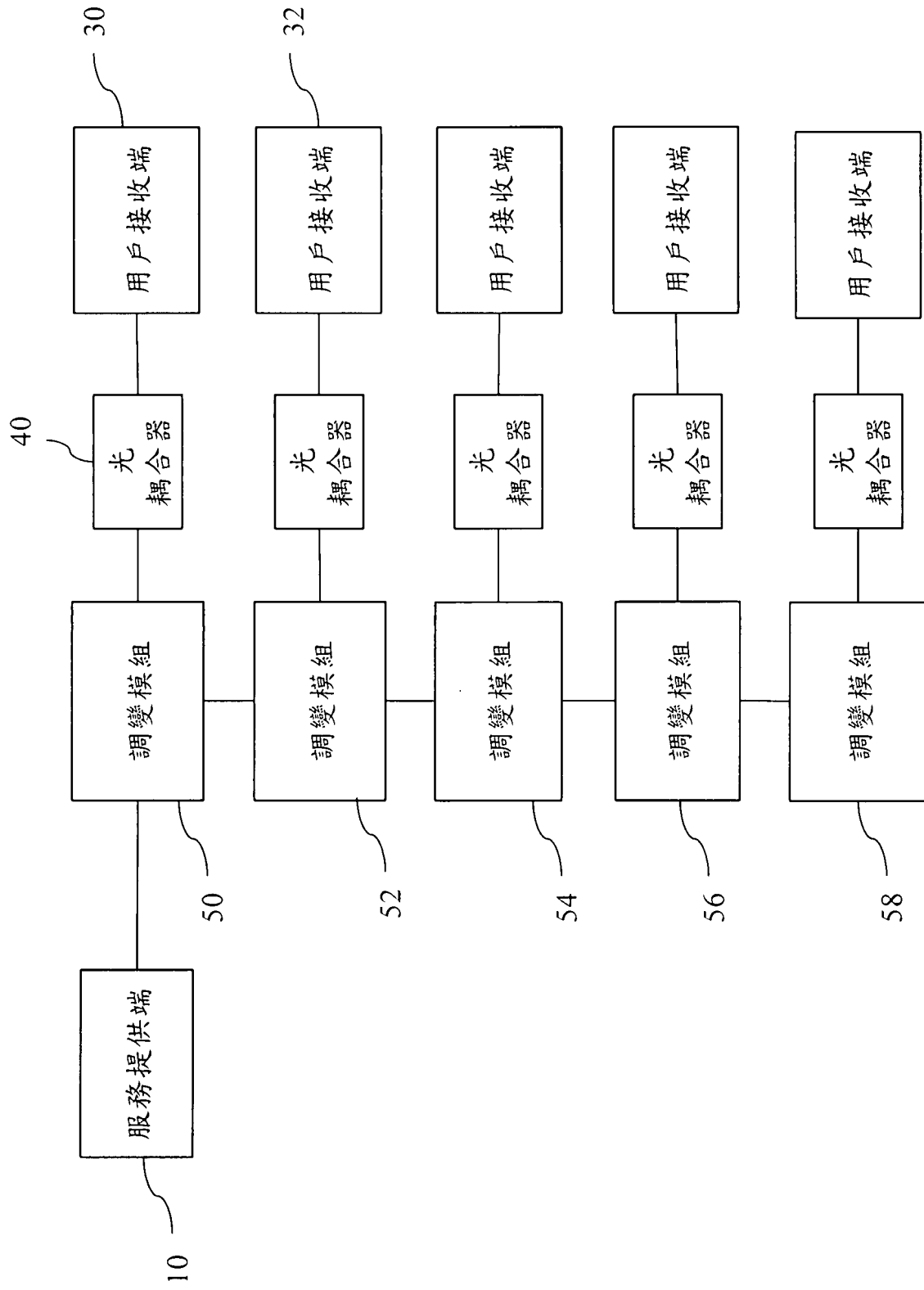


第三圖

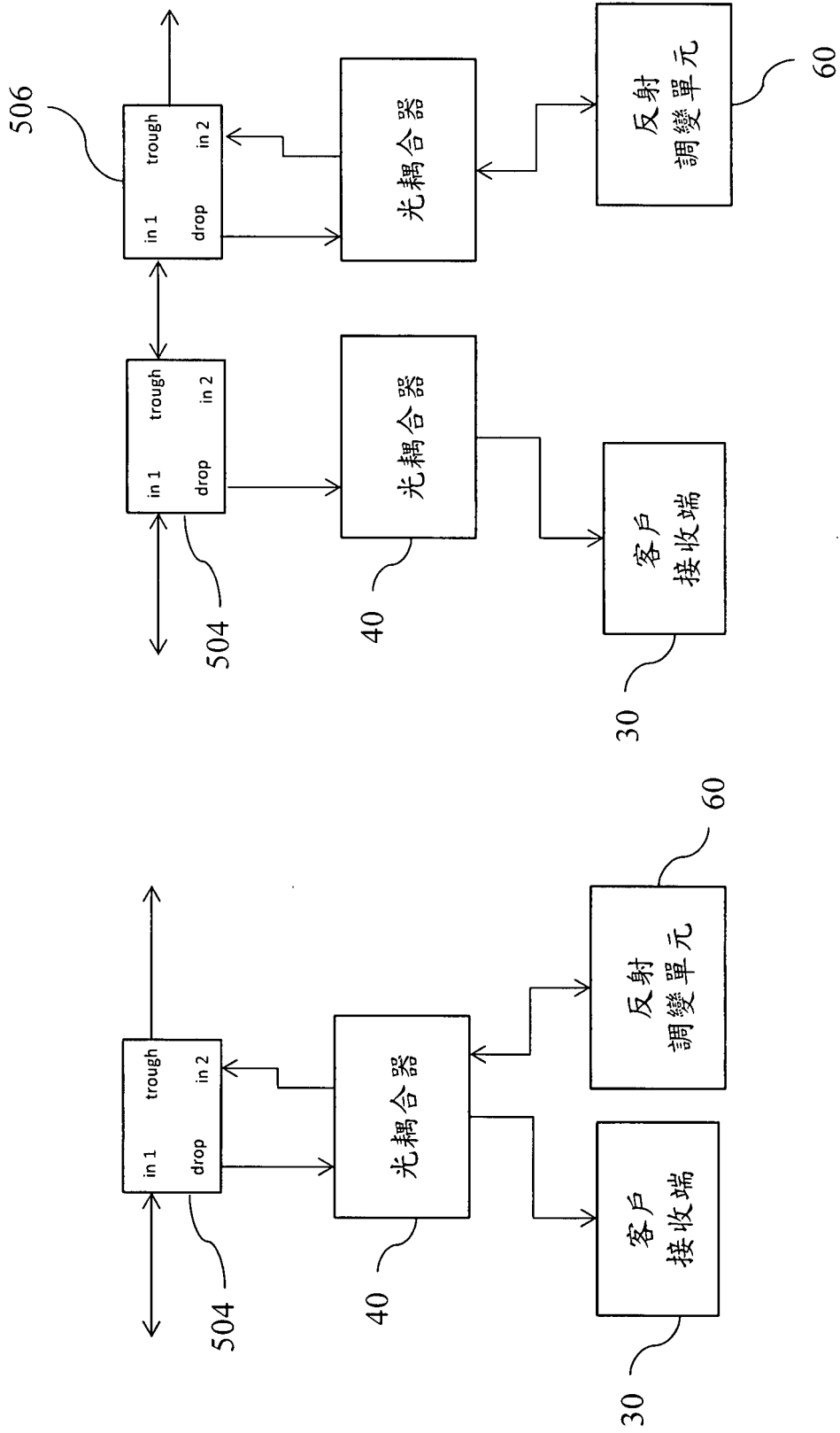


第四圖



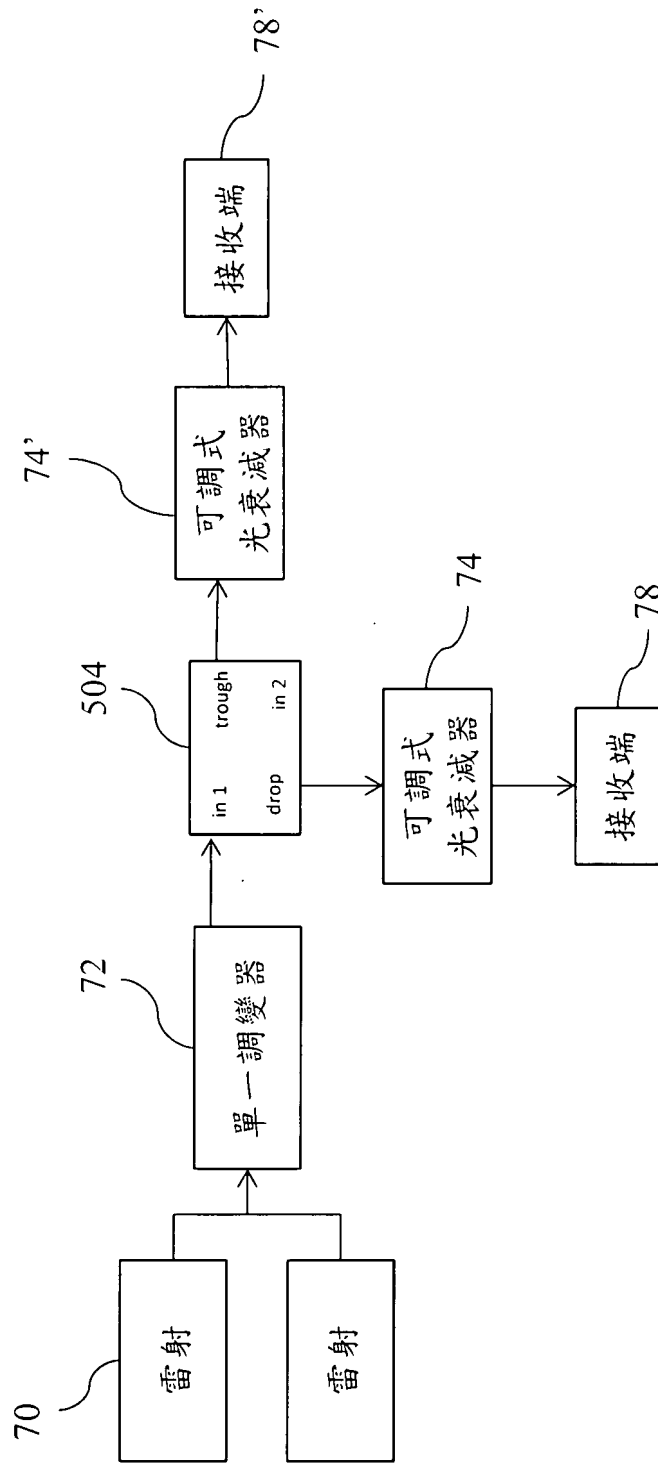


第五圖

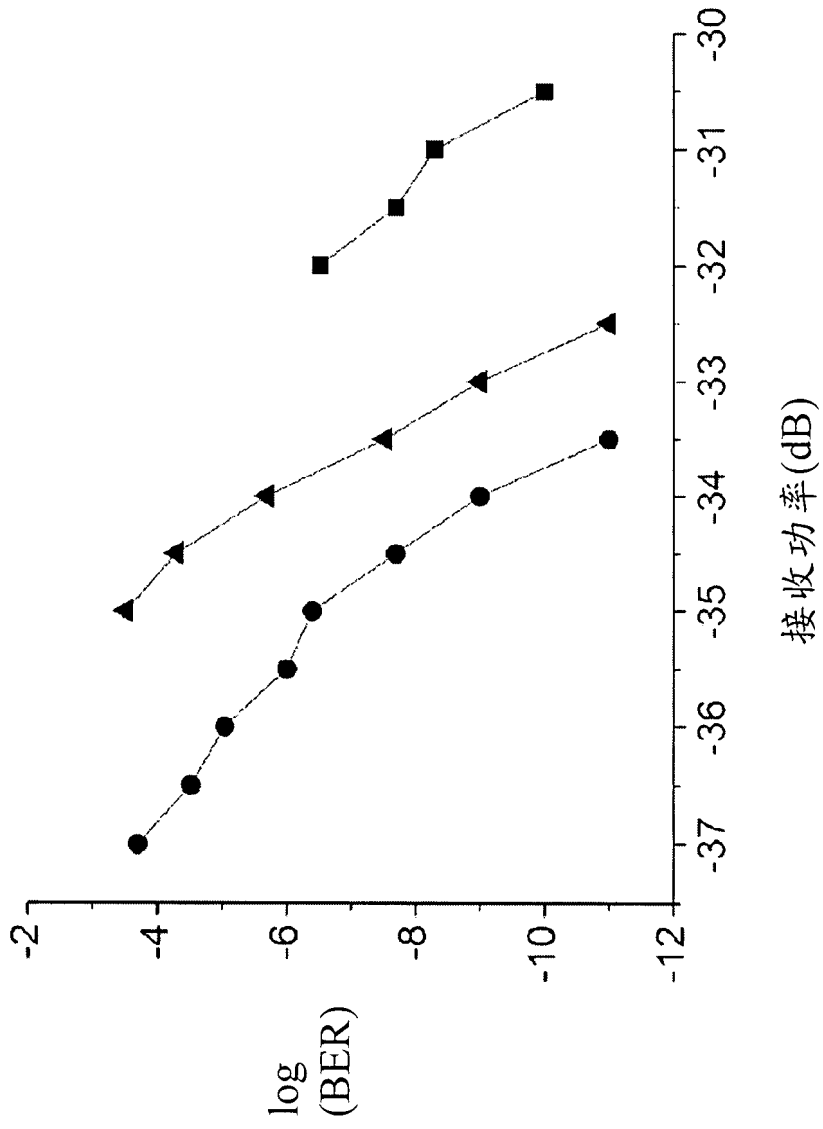


第六圖

第七圖

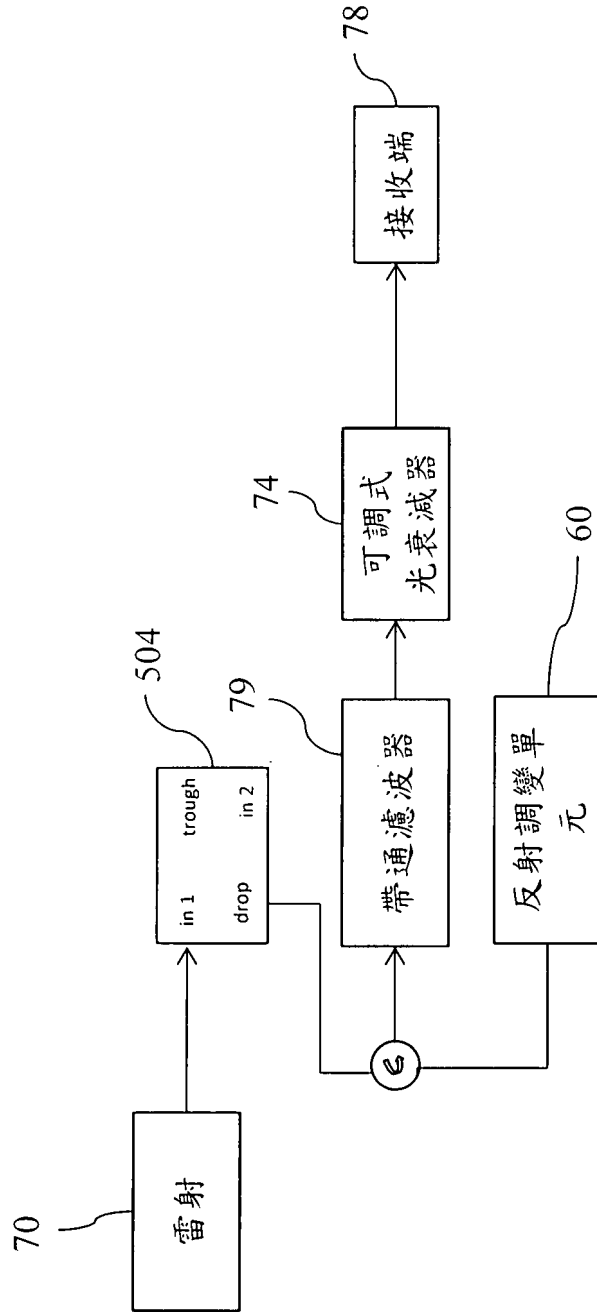


第八圖

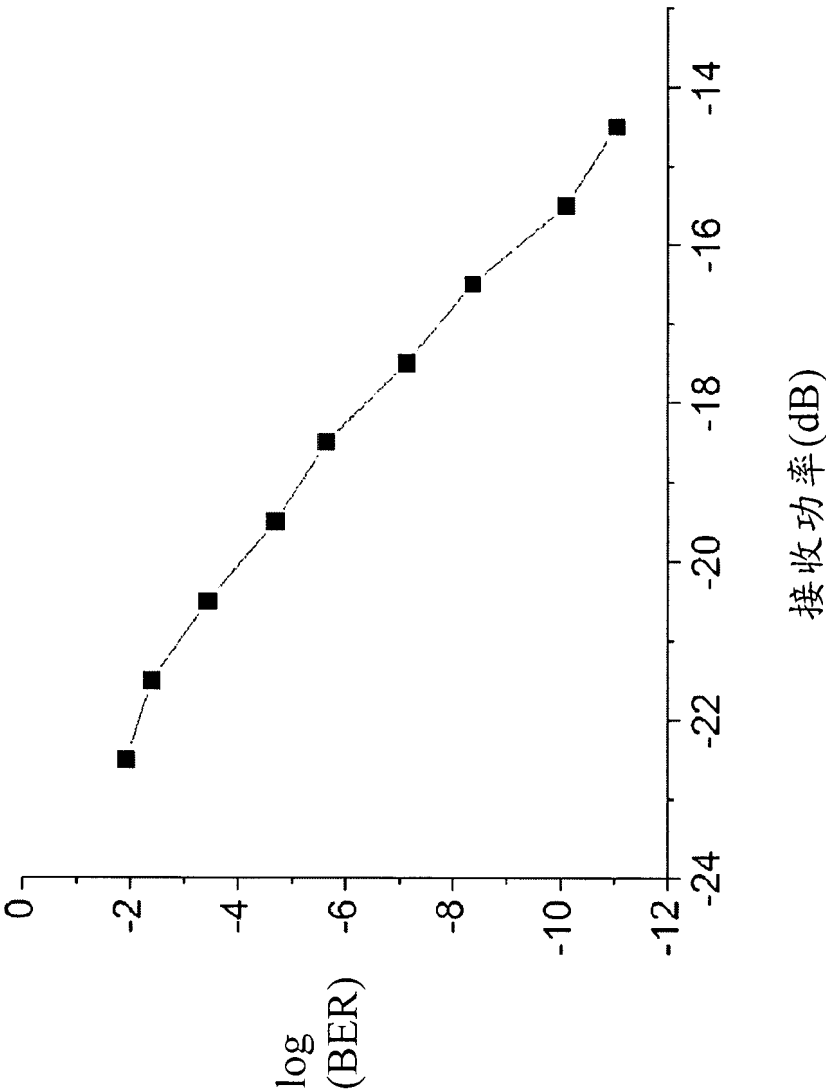


第九圖





第十圖



第十一圖

# 發明專利說明書

(本說明書格式、順序，請勿任意更動)

## 【發明名稱】(中文/英文)

分波多工光纖網路系統 / WDM optical fiber network system

## 【技術領域】

【0001】 本發明係有關一種光通訊，特別是指一種具高安全性之分波多工光纖網路系統。

## 【先前技術】

【0002】 爲了在上網時能夠具有更高品質的享受，以及多種服務的整合，愈來愈高速的傳輸技術是未來科技發展的必然趨勢之一。因此無論是作爲中介的網路架構或是未來高速網路的傳輸架構，光纖網路架構中的分波多工 (Wavelength Division Multiplexing, WDM) 的技術被視爲下一代網路系統的重點技術，但在享有高速的傳輸速度之餘，通訊安全亦是所有人所關心的重要議題。

【0003】 現有的光纖網路架構主要採用分時多工 (Time Division Multiplexing, TDM) 技術。一般對光網路分時多工 (TDM) 技術的認知是下傳信號可能會因爲廣播的傳遞形式而有安全性問題。但根據論文 “TDM-PON Security Issues: Upstream Encryption is Needed” 中提到，上傳信號的安全問題也不可忽視。

【0004】 目前解決資訊安全性的方法，主要在於對服務提供端和用戶端做雙向的身分認證，並將傳輸資料做加密編碼。這種認證與加密的方法只涉及封包的接收與表頭處理，由於信號已經被正確的接收到用戶端，因此如果有特殊演算法，或是編碼方式被破解，仍舊有通訊安全上的疑慮，而爲了提升安全性所增加的封包表頭，也可能會造成頻寬的浪費。

【0005】 基於分波多工（WDM）與分波多工分時多工混合（WDM-TDM）兩種技術的光網路具有較高的資料傳輸量與安全性，因此，此兩種網路架構被視為下一代被動光網路（PON）系統的主要技術之一，但這些技術在許多網路規範細節上仍有很大的改良空間。由於使用分波多工（WDM）技術的被動光網路（PON），並不像一般使用分時多工（TDM）技術的被動光網路（PON），使用廣播的信號下傳方式，因此分波多工被動光網路（WDM-PON）被視為一種相對安全的網路架構。為此，鮮少有人討論未來分波多工被動光網路（WDM-PON）以及分波多工分時多工混合被動光網路（WDM-TDM-PON）的安全性技術。然而實際上，只要惡意攻擊者有足夠的技術，透過刺探攻擊目標在分波多工被動光網路（WDM-PON）或分波多工分時多工混合被動光網路（WDM-TDM-PON）的使用波長後，攻擊仍舊能夠實現。

【0006】 有鑑於此，本發明遂針對上述習知技術之缺失，提出一種分波多工光纖網路系統，以有效克服上述問題。

#### 【發明內容】

【0007】 本發明之主要目的在提供一種分波多工光纖網路系統，其係產生一組只有服務提供端與用戶接收端知道的虛擬亂數序列，以根據亂數序列碼快速變換波長信號，可防止攻擊者攻擊固定的波長信號，預防波長信號被入侵更改。

【0008】 本發明之另一目的在提供一種分波多工光纖網路系統，其係波長可快速變換，一般儀器難以偵測到，加強光纖網路的安全性。

【0009】 為達上述之目的，本發明提供一種分波多工光纖網路系統，其係包括一訊號提供端產生至少一組複數不同波長的波長信號，訊號提供端並訊號連接複數調變模組，每一調變模組並分別連接用戶接收端，調變

模組包括：一控制單元產生一亂數序列碼，並根據亂數序列碼對應產生一控制訊號至第一調變單元，其並訊號連接訊號提供端，以接收波長信號，再根據控制訊號，控制第一調變單元擷取一波長信號，並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元快速變換擷取不同波長的波長信號至用戶接收端。

【0010】 底下藉由具體實施例詳加說明，當更容易瞭解本發明之目的、技術內容、特點及其所達成之功效。

### 【圖式簡單說明】

#### 【0011】

第一圖係為先前技術之分波多工被動光纖網路系統方塊圖。

第二圖係為先前技術之波多工分時多工混合被動光網路系統方塊圖。

第三圖係為本發明之系統方塊圖。

第四圖係為本發明之分波多工光纖網路環狀排列系統方塊圖。

第五圖係為本發明之分波多工光纖網路樹狀排列系統方塊圖。

第六圖係為本發明之重調變技術之部分系統方塊圖。

第七圖係為本發明之載波分配技術之部分系統方塊圖。

第八圖係為本發明之下傳實驗系統方塊圖。

第九圖係為本發明之下傳實驗結果示意圖。

第十圖係為本發明之上傳實驗系統方塊圖。

第十一圖係為本發明之上傳實驗結果示意圖。

### 【實施方式】

【0012】 本實施例係可應用於分波多工被動光網路WDM-PON或分波多工分時多工混合被動光網路WDM-TDM-PON的架構中。如第一圖所示

其中WDM-PON的主要概念係訊號提供端10包括複數雷射發射裝置12~16，每一雷射發射裝置12~16分別發出不同波長信號，每一雷射發射裝置12~16並連接一陣列式光柵18，以將複數不同波長的波長信號整合為一組波長信號，波長信號傳遞至遠端後，遠端並另設有連接一陣列式光柵20' (Arrayed waveguide grating, AWG)，以將訊號提供端10所發出不同的波長信號分出來分給不同用戶接收端30，由於單一波長可以載的資料量非常大，通常一個波長的資料量可以提供給多個用戶接收端30，於是WDM-TDM-PON便被提出用來，以更加有效地整合與利用光網路。而WDM-TDM-PON顧名思義是WDM-PON和TDM-PON兩種光網路的混合架構，TDM-PON相較於WDM-PON主要是將所有用戶的資料載在同一波長上，而不同用戶依據其被分配到的時段，使用特定光波長下載(Downstream)或上傳(Upstream)資料，如第二圖所示WDM-TDM-PON汲取了WDM-PON和TDM-PON兩種架構的特性，即係在WDM-PON的陣列式光柵20後再加上一個光耦合器40 (Optical Coupler) 將下傳光信號以廣播(Broadcast)的方式傳給同一波長的所有用戶接收端30，而不同用戶接收端30則依據其被分配到的使用時段，接收或上傳資料。

**【0013】** 本發明係可應用於WDM-PON架構與WDM-TDM-PON架構中，本實施例係以WDM-TDM-PON架構下做為實施例的說明，如第三圖所示，設有一訊號提供端10，其包括複數雷射發射裝置12~16，每一雷射發射裝置12~16分別發出不同波長信號，每一雷射發射裝置12~16並連接一陣列式光柵18，以將複數不同波長的波長信號整合為一波長信號；訊號提供端10將波長信號傳送至複數調變模組50~54，其可取代習知技術中於遠端中所設置的陣列式光柵20，其中每一個調變模組50~54皆包括，一控制單元以及一第一調變單元，本實施例係以調變模組50以及調變模組52為例，其中調

變模組50具有一控制單元502以及一第一調變單元504，調變模組52則具有控制單元522以及一第一調變單元524，以調變模組50為例，控制單元502係產生一亂數序列碼，並根據亂數序列碼對應產生一控制訊號；以及一第一調變單元504其係為矽環（silicon ring）、布拉格式光纖光柵（Fiber Bragg grating, FBG）或光循環器等，本實施例係以矽環當作實施例說明，其中矽環具有四個埠，分為通過埠（through port）、輸出埠（drop port）、第一輸入端（in 1）以及第二輸入端（in 2），第一調變單元504並根據控制單元502所產生的控制訊號，控制第一調變單元184第一輸入端（in 1），擷取其中一波長信號，控制單元502並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元504快速變換擷取不同波長的波長信號，擷取的信號再由輸出埠（drop port）輸出至光耦合器40後以廣播的方式傳給同一波長的所有用戶接收端30，剩餘的波長信號則由通過埠（through port）將剩餘波長信號傳遞至下一個調變模組52。

**【0014】** 上述調變模組係可如第四圖所示，根據用戶接收端30~32的排列方式將複數調變模組50~58互相串接為一環狀網路架構，訊號提供端10並傳輸波長信號至調變模組50後，以使調變模組50根據亂數序列碼擷取一波長信號後，透過光耦合器40以廣播的方式傳遞至用戶接收端30，並將剩下的波長信號傳遞至下一調變模組52後，以擷取一波長訊號後將波長訊號傳遞之下一用戶接收端32。

**【0015】** 本案亦可為樹狀網路架構排列，請參照第五圖，如圖所示若本發明為樹狀網路架構時，複數調變模組50~58根據每一用戶接收端的樹狀排列，並排連接為一樹狀架構，以使調變模組50根據亂數序列碼擷取一波長信號後，透過光耦合器40以廣播的方式傳遞至用戶接收端30，並將剩下的波長信號傳遞至下一調變模組52，以擷取一波長訊號後將波長訊號傳遞

之下一用戶接收端32。

【0016】 說明完上述之架構後，接續參照第三圖與第四圖，以說明訊號傳遞方法，本實施例係以環形網路架構作為實施例說明，藉由訊號提供端10產生一組複數不同波長的波長信號後，分別傳送至調變模組50中的一第一調變單元504，控制單元502並產生亂數序列碼，根據亂數序列碼對應產生控制訊號，使第一調變單元504根據控制訊號藉由第一輸入埠（in 1）擷取其中一波長信號後，將擷取的波長信號透過輸出埠（drop port）傳遞至光耦合器40後，以廣播的方式傳給同一波長的所有用戶接收端30，並將剩餘的波長信號由通過埠（through port）傳遞至下一個調變模組52的第一輸入埠（in 1）中，下一個調變模組52中的控制單元522，產生亂數序列碼，再根據亂數序列碼產生控制訊號，使第一調變單元524根據控制訊號擷取剩餘的其中一波長信號至用戶接收端32後，剩餘的波長信號再透過通過埠（through port）傳遞至下一個調變模組54中，依此類推將剩餘的波長信號傳遞至每一調變模組56、58；再者，亂數序列碼可隨時間快速變換，因此根據續控制單元502並可根據亂數序列碼快速變換控制訊號，使第一調變單元504快速變換擷取不同波長的波長信號，使用戶接收端30的使用波長快速變動，一般攻擊者在無法確定用戶接收端30身分使用波長的情形下，攻擊無法實現。且透過這個方法，同一個用戶接收端30使用的波長信號會隨著時間而改變，如此一來，惡意的攻擊者在無法掌握攻擊對象波長信號的情形下，竊聽、拒絕服務、身分冒充等目的將難以達成。

【0017】 上述之控制單元502係為熱控制裝置，以根據亂數序列碼對應產生不同溫度的熱控訊號，再根據熱控訊號控制第一調變單元504擷取其中一波長信號。上述之控制單元502亦可為電控制裝置，以根據亂數序列碼對應產生不同的電控訊號，再根據電控訊號控制第一調變單元504擷取其中



一波長信號，使波長信號受到亂數序列碼透過熱控或電控的方式不斷改變。

【0018】 通常網路系統除了將資料下傳當然也需上傳，因此本發明之上傳技術係可利使用重調變(re-modulation)或載波分配(carrier distribution)之技術上傳波長信號，若使用利用重調變(re-modulation)之技術時，使用的架構如第六圖所示，波長信號藉由第一調變單元504第一輸入端(in 1)接收波長信號後，接藉由輸出埠(drop port)將波長信號傳遞至光耦合器40後，以廣播的方式將波長信號傳遞至用戶接收端30以及一反射調變單元60，在此本實施例舉例反射調變單元60係使用反射式半導體光放大器，反射調變單元60將訊號重新調變後形成一調變上傳訊號，以回傳調變上傳訊號至第一調變單元504第二輸入端(in 2)，以供第一調變單元504上傳調變上傳訊號於訊號提供端10。

【0019】 接下來請參照第七圖，如圖所示若利用載波分配(carrier distribution)之技術，調變模組50中則需再設置第二調變單元506與第一調變單元504訊號連接，第二調變單元506的第一輸入端(in 1)與第一調變單元504的通過埠(throught port)訊號連接；訊號提供端10並發射光載子與波長信號等資料一起被傳遞下來，第一調變單元504接收波長信號後將波長信號經輸出埠(drop port)傳遞光耦合器40後，以廣播的方式將波長信號傳遞至用戶接收端30，波長信號並經由第一調變單元504的通過埠(throught port)將波長傳遞至第二調變單元506，使第二調變單元506則將波長信號傳遞經由輸出埠(drop port)輸出至一反射調變單元60，反射調變單元60將上傳信號載到光載子上，以產生一上傳訊號，並將上傳訊號經由輸入端(in 2)回傳至第二調變單元506，以將上傳信號上傳至訊號提供端10。

【0020】 接下來說明使用本案的實驗數據，下傳的實驗系統係如第八圖所示，利用二雷射70產生光訊號傳遞至單一調變器72，在傳遞至第一調

變單元504後分別由通過埠（through port）與輸出埠（drop port），傳遞至可調式光衰減器（Variable optical attenuator, VOA）74、74'以及接收端78、78'以量測通過埠（through port）與輸出埠（drop port）的實驗數據，實驗結果請參照第九圖，其中圓形代表傳遞25公里後對接（Back-to-Back, B2B）的數據，三角形代表傳遞25公里後再傳遞8公里輸出埠（drop port）的數據，方形代表傳遞25公里後通過埠的數據（through port）的數據，可以看出對接（Back-to-Back, B2B）和傳遞25公里後經由調變單元的輸出埠（drop port）和通過埠（through port）出來的信號，各自大約有1 dB的功率損失（power penalty）。第一調變單元504的輸出埠（drop port）和通過埠（through port）之間的功率損失（power penalty）可能是兩個埠消光率（Extinction Ratio, ER）的差異所造成。而從通過埠（through port）出來的信號再傳遞8公里後又有1 dB左右的功率損失，這可能是前一級的第一調變單元504的輸出埠（drop port）沒有完全將光濾掉使得兩個波長信號干擾造成的。

【0021】 接下來參照第十圖與第十一圖，第十圖係為上載的量測架構，其透過雷射70發出光訊號傳遞至第一調變單元504，並利用一個帶通濾波器79（Bandpass Filter）來模擬光信號透過第一調變單元504回到光網路的情形，並將傳遞至可調式光衰減器74以及接收端78以量測結果。接下來請參照第十一圖，其係為是上傳信號的量測結果，如圖所示在60 mA的注入電流下，上傳信號有最好的品質，過低的注入電流可能造成反射調變單元60的操作不完整，而過高的注入電流，可能造成飽和與頻寬變化等機制讓反射調變單元60的調變效果變差。

【0022】 綜上所述，本案可產生一組只有服務提供端與用戶接收端知道的虛擬亂數序列，以跟根據亂數序列碼快速變換波長信號，可防止攻擊者攻擊固定的波長信號，預防波長信號被入侵更改，且由於波長可快速變

換，一般儀器難以偵測到，更有效加強光纖網路的安全性。

【0023】 唯以上所述者，僅為本發明之較佳實施例而已，並非用來限定本發明實施之範圍。故即凡依本發明申請範圍所述之特徵及精神所為之均等變化或修飾，均應包括於本發明之申請專利範圍內。

### 【符號說明】

#### 【0024】

- 10 訊號提供端
- 12 雷射發射裝置
- 14 雷射發射裝置
- 16 雷射發射裝置
- 18 陣列式光柵
- 20 陣列式光柵
- 30 用戶接收端
- 32 用戶接收端
- 40 光耦合器
- 50 調變模組
- 502 控制單元
- 504 第一調變單元
- 506 第二調變單元
- 52 調變模組
- 522 控制單元
- 524 第一調變單元
- 54 調變模組
- 56 調變模組

- 58 調變模組
- 60 反射調變單元
- 70 雷射
- 72 單一調變器
- 74 可調式光衰減器
- 74' 可調式光衰減器
- 78 接收端
- 78' 接收端
- 79 帶通濾波器

## 申請專利範圍

1. 一種分波多工光纖網路系統，包括：
  - 一訊號提供端，產生至少一組複數不同波長的波長信號；
  - 複數調變模組，訊號連接該訊號提供端，每一該調變模組包括：
    - 一控制單元，產生一亂數序列碼，並根據該亂數序列碼對應產生一控制訊號；以及
    - 至少一第一調變單元，訊號連接該訊號提供端以及該控制單元，以接收該波長信號，並根據該控制單元所產生之該控制訊號，控制該第一調變單元擷取一該波長信號，並可根據該亂數序列碼快速變換該控制訊號，使該第一調變單元快速變換擷取不同波長的該波長信號；以及
  - 複數用戶接收端，每一該用戶接收端分別訊號連接一該調變模組，以接收該調變模組所擷取的其中一該波長信號。
2. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該調變模組更包括一第二調變單元與該第一調變單元訊號連接，以利用載波分配（carrier distribution）之技術將該波長信號調整後上傳至該訊號提供端，該第一調變單元接收該波長信號後，將該波長信號傳遞至該用戶接收端及該第二調變單元，使該第二調變單元將該波長信號傳遞至一反射調變單元，以產生一上傳訊號，並將該上傳訊號回傳至該第二調變單元，以將該上傳信號上傳至該訊號提供端。
3. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該調變模組係利用重調變（re-modulation）之技術將該波長信號調整後上傳至該訊號提供端，該第一調變單元，將該波長信號傳遞至該用戶接收端以及一反射調變單元，該反射調變單元並將訊號重新調變後形成一調變上傳訊號，以回傳

該調變上傳訊號至該第一調變單元，以供該第一調變單元上傳該調變上傳訊號於該訊號提供端。

4. 如請求項1所述之光分波多工纖網路系統，其中該控制單元係為熱控制裝置，以根據該亂數序列碼對應產生不同溫度的熱控訊號，再根據該熱控訊號控制該第一調變單元擷取其中一該波長信號。
5. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該控制單元係為電控制裝置，以根據該亂數序列碼對應產生不同的電控訊號，再根據該電控訊號控制該第一調變單元擷取其中一該波長信號。
6. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該訊號提供端更包括複數雷射發射裝置，每一該雷射發射裝置分別發出不同波長信號，該等雷射發射裝置並連接一陣列式光柵，以將該複數不同波長的波長信號整合為一組該波長信號。
7. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，更包括一光耦合器訊號連接該第一調變單元，以將該波長信號以廣播的方式傳遞於該用戶接收端。
8. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該等調變模組係互相串接為一環狀網路架構，該訊號提供端並傳輸該等波長信號至一該調變模組後，以使該調變模組根據該亂數序列碼擷取一該波長信號後，傳遞至該用戶接收端，並將剩下的該波長信號傳遞至下一該調變模組，以擷取一該波長訊號後並將該波長訊號傳遞之下一該用戶接收端。
9. 如請求項1所述之分波多工光纖網路系統，其中該等調變模組並排連接為一樹狀網路架構，使該波長信號根據該亂數序列碼分別將不同的該波長信號傳送至每一該用戶接收端。
10. 如請求項2所述之分波多工光纖網路系統，其中該第一調變單元與該第二調變單元為矽環（silicon ring）。

11. 如請求項2所述之分波多工光纖網路系統，其中該第一調變單元與該第二調變單元為布拉格式光纖光柵(Fiber Bragg grating, FBG)或光循環器。