



(21) 申請案號：105136923

(22) 申請日：中華民國 105 (2016) 年 11 月 11 日

(51) Int. Cl. : **H04J14/02 (2006.01)****H04B10/25 (2013.01)**

(30) 優先權：2015/11/11 美國

14/938,146

(71) 申請人：咕果公司 (美國) GOOGLE INC. (US)

美國

(72) 發明人：林 西追 鋒 LAM, CEDRIC FUNG (US) ; 杜 良 DU, LIANG (AU) ; 簡長宏

喬伊 JIANG, CHANGHONG JOY (CN) ; 賽古拉 班 華倫 SEGURA, BEN

WARREN (US) ; 趙 祥君 ZHAO, XIANGJUN (US) ; 王道毅 WANG, DAOYI (CN)

(74) 代理人：陳長文

申請實體審查：有 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：10 共 69 頁

(54) 名稱

具有延展範圍及容量之時間波長分割被動網路

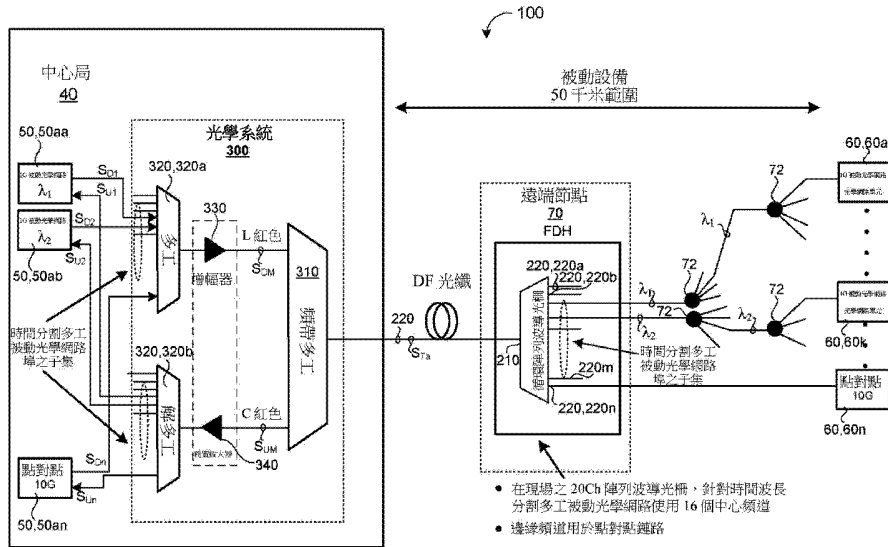
TWDM PASSIVE NETWORK WITH EXTENDED REACH AND CAPACITY

(57) 摘要

一種通信系統(100)包含一第一多工器(320a)，該第一多工器將具有一第一多工群組之一第一光學線路終端信號(S_{D1})及具有一第二多工群組之一第二光學線路終端信號(S_{Dn})多工成一第一經多工信號(S_{DM})。該通信系統包含一第二多工器(320b)，該第二多工器將一第二經多工信號(S_{UM})解多工成具有該第一多工群組之一第三光學線路終端信號(S_{U1})及具有該第二多工群組之一第四光學線路終端信號(S_{Un})。此外，該通信系統包含與該第一多工器及該第二多工器光學連接之一第三多工器(310)，該第三多工器經組態以在一饋送器光學信號(S_{Ta})與該第一經多工信號及該第二經多工信號之間進行多工/解多工。該第一光學線路終端信號及該第二光學線路終端信號包含一舊型上游自由頻譜範圍，且該第三光學線路終端信號及該第四光學線路終端信號包含一舊型下游自由頻譜範圍。

A communication system (100) includes a first multiplexer (320a) multiplexing a first optical line terminal signal (S_{D1}) having a first multiplexing group and a second optical line terminal signal (S_{Dn}) having a second multiplexing group into a first multiplexed signal (S_{DM}). The communication system includes a second multiplexer (320b) demultiplexing a second multiplexed signal (S_{UM}) into a third optical line terminal signal (S_{U1}) having the first multiplexing group and a fourth optical line terminal signal (S_{Un}) having the second multiplexing group. Moreover, the communication system includes a third multiplexer (310) optically connected with the first and second multiplexers, the third multiplexer configured to multiplex/demultiplex between a feeder optical signal (S_{Ta}) and the first and second multiplexed signals. The first and second optical line terminal signals include a legacy upstream free spectral range, and the third and fourth optical line terminal signals include a legacy downstream free spectral range.

指定代表圖：



【圖 5A】

- 在現場之 20Ch 陣列波導光柵，針對時間波長分割多工被動光學網路使用 16 個中心頻道
- 邊緣頻道用於點對點鏈路

符號簡單說明：

- 40 . . . 中心局
- 50 . . . 收發器/光學收發器/光學線路終端/光學線路終端收發器
- 50aa . . . 光學線路終端/舊型光學線路終端/第一光學線路終端
- 50ab . . . 第二光學線路終端/第三光學線路終端
- 50an . . . 學線路終端/舊型光學線路終端/第二光學線路終端
- 60 . . . 光學網路單元/收發器
- 60a . . . 光學網路單元/第一光學網路單元
- 60k . . . 光學網路單元/第二光學網路單元
- 60n . . . 光學網路單元
- 70 . . . 遠端節點/被動遠端節點
- 72 . . . 功率分離器/光學功率分離器/分離器/光學分離器
- 100 . . . 經升級時間波長分割多工光學被動網路架構/時間波長分割多工光學被動網路架構/網路/經升級時間波長分割多工光學被動網路/光學網路/系統/時間波長分割多工網路/經升級時間波長分割多工架構
- 210 . . . 入口埠/輸入

220 . . . 出口埠/輸出/埠/陣列波導光柵輸出

220a . . . 埠/輸出/輸出埠/第一輸出/邊緣輸入埠

220b . . . 埠/輸出/輸出埠/第二輸出

220m . . . 埠/輸出/輸出埠

220n . . . 埠/輸出/輸出埠

300 . . . 光學系統

310 . . . 多工器/頻帶多工器/第三多工器

320 . . . 多工器

320a . . . 下游多工器/第一多工器

320b . . . 解多工器/上游解多工器/第二多工器

330 . . . 第一放大器/摻餌光纖放大器

340 . . . 信號前置放大器/信號放大器/摻餌光纖放大器/摻餌光纖放大器信號放大器/第二放大器

S_{D1} . . . 下游信號/信號/第一光學線路終端信號/第五光學線路終端信號

S_{D2} . . . 下游信號/信號/第五光學線路終端信號

S_{DM} . . . 下游信號/經多工下游信號/第一經多工信號/下游光學線路終端信號

S_{Dn} . . . 下游信號/
信號/第二光學線路終
端信號/第六光學線路
終端信號

S_{Ta} . . . 饋送器光學
信號

S_{U1} . . . 上游信號/
信號

S_{U2} . . . 上游信號/
信號

S_{UM} . . . 上游信號/
經多工上游信號/第二
經多工信號/上游光學
線路終端信號

S_{Un} . . . 上游信號/
信號/第三光學線路終
端信號/第七光學線路
終端信號

λ_1 . . . 波長/第一波
長

λ_2 . . . 波長/第二波
長

【發明說明書】

【中文發明名稱】

具有延展範圍及容量之時間波長分割被動網路

【英文發明名稱】

TWDM PASSIVE NETWORK WITH EXTENDED REACH AND
CAPACITY

【技術領域】

本發明係關於具有延展範圍及容量之時間波長分割被動光學網路(TWDM-PON)架構。

【先前技術】

一基本通信系統包含將一訊息轉換為適於在一通信頻道上傳送之一電形式之一傳輸器。該通信頻道將該訊息自該傳輸器傳送至接收器。該接收器接收該訊息且將該訊息轉換回為其原始形式。

光纖通信係使用光纖作為通信頻道來將資訊自一源(傳輸器)傳輸至一目的地(接收器)的一新興方法。光纖係由薄玻璃二氧化矽或塑膠製成之撓性透明介質，其貫穿光纖之長度在源與目的地之間傳輸光。光纖通信允許在比其他已知形式之通信長之距離上且以比其他已知形式之通信高之頻寬傳輸資料。光纖係優於金屬線之一經改良通信形式，此乃因透過光纖行進之光經歷較少損耗且不受電磁干擾影響。公司使用光纖來傳輸電話信號、網際網路通信及有線電視信號。一光纖到戶(FTTH)網路或光纖存取網路使用光纖作為自服務提供者之最後一哩連接來連接終端使用者。

光纖通信提供一極低信號損耗及極高頻寬。此兩個性質允許服務提供者使用一被動光纖設備自其中心局(CO)直接連接至終端使用者，此產

生資本及操作成本節省。隨著在當今網際網路中對頻寬之需求繼續增加，光纖到戶(FTTH)網路已成為運營商給客戶裝電線及給客戶換新線之一良好前瞻性技術。

【發明內容】

在一存取網路中，自一種技術升級至另一技術或改良網路架構可由於在一中心局(CO)處及在位於客戶駐地處之光學網路單元(ONU)處之硬體中之更新而係困難的。CO中之每一光學線路終端(OLT)伺服於WDM網路中之一個ONU及TDM網路中之多個ONU。因此，升級該存取網路可由於ONU處之硬體升級之定時而具挑戰性。本發明提供一種將一存取網路升級且擴展至允許饋送器光纖之高效使用因此節省成本之一經升級/經擴展架構的系統及方法。該新架構允許CO與其他PON網路(例如，超級PON)之合併，從而減少操作成本及網路管理效率。

本發明之一項態樣提供一種包含第一多工器、第二多工器及第三多工器之通信系統。該第一多工器(例如，MUX)經組態以將具有一第一多工群組(例如，TDM)之一第一光學線路終端信號及具有一第二多工群組之一第二光學線路終端信號多工成一第一經多工信號。該第二多工器(例如，DEMUX)經組態以將一第二經多工信號解多工成具有該第一多工群組之一第三光學線路終端信號及具有該第二多工群組之一第四光學線路終端信號。該第三多工器與該第一多工器及該第二多工器光學連接。該第三多工器經組態以在一饋送器光學信號與該第一經多工信號及該第二經多工信號之間進行多工/解多工。該第一光學線路終端信號及該第二光學線路終端信號各自包含在舊型下游自由頻譜範圍中之一波長。另外，該第三光學線路終端信號及該第四光學線路終端信號各自包含各自在舊型上游自由

頻譜範圍中之一上游波長。

本發明之實施方案可包含以下可選特徵中之一或多者。在某些實施方案中，該系統進一步包含一第一放大器或一第二放大器中之至少一者。該第一放大器與該第一多工器(MUX)及該第三多工器(BAND MUX)光學連接且經組態以光學放大該第一經多工信號。該第二放大器與該第二多工器(DEMUX)及該第三多工器(BAND MUX)光學連接且經組態以光學放大該第二經多工信號。在某些實例中，該第一多工群組包含一時間分割多工被動光學網路(TDM-PON)協定且該第二多工群組包含一波長分割多工被動光學網路(WDM-PON)協定，其中每一波長係一點對點鏈路。該第一光學線路終端信號及該第三光學線路終端信號可各自具有一第一協定。此外，該第二光學線路終端信號及該第四光學線路終端信號可各自具有不同於該第一協定之一第二協定。

在某些實施方案中，該系統進一步包含一第一光學線路終端及一第二光學線路終端。該第一光學線路終端具有與該第一多工器光學連接之一輸出及與該第二多工器光學連接之一輸入。該第一光學線路終端傳輸該第一光學線路終端信號且接收該第三光學線路終端信號。該第二光學線路終端具有與該第一多工器光學連接之一輸出及與該第二多工器光學連接之一輸入。該第二光學線路終端傳輸該第二(點對點)光學線路終端信號且接收該第四(點對點)光學線路終端信號。

該第一多工器進一步經組態以將一第五光學線路終端信號與該第一光學線路終端信號及該第二光學線路終端信號一起多工成該第一經多工信號。該第一光學線路終端信號可具有一第一協定。該第五光學線路終端信號可具有該第一多工群組(TDM-PON)及不同於該第一協定之一第二協

定。該第二多工器進一步經組態以將該第二經多工信號解多工成該第二光學線路終端信號、該第四光學線路終端信號(點對點)及一第六光學線路終端信號。該第六光學線路終端信號具有該第一多工群組及該第二協定。該系統進一步包含具有與該第一多工器通信之一輸出及與該第二多工器通信之一輸入的一第三線路終端。該第三光學線路終端傳輸該第五光學線路終端信號且接收該第六光學線路終端信號。

在某些實施方案中，該系統進一步包含一饋送器光纖及一陣列波導光柵。該饋送器光纖與該第三多工器光學連接且經配置以傳達該饋送器光學信號。該陣列波導光柵與該饋送器光纖光學連接且經組態以在該饋送器光學信號與若干光學網路單元信號之間進行多工/解多工。每一光學網路單元信號包含在舊型上游自由頻譜範圍中之一上游波長及在舊型下游自由頻譜範圍中之一下游波長。

該系統可進一步包含一第四多工器及一第五多工器。該第四多工器與該第三多工器光學連接且經組態以將具有該第一多工群組之一第五光學線路終端信號及具有該第二多工群組之一第六光學線路終端信號(點對點)多工成一第三經多工信號。該第五多工器與該第三多工器光學連接且經組態以將一第四經多工信號解多工成具有該第一多工群組之一第七光學線路終端信號及具有該第二多工群組之一第八光學線路終端信號(點對點)。該第五光學線路終端信號及該第六(點對點)光學線路終端信號各自包含在升級下游自由頻譜範圍中之一下游波長，且該第七(TDM PON)光學線路終端信號及該第八(點對點)光學線路終端信號各自包含在上游自由頻譜範圍中之一升級上游波長。該系統可進一步包含一饋送器光纖及一陣列波導光柵。該饋送器光纖與該第三多工器光學連接且經配置以傳達該饋送器光學

信號。該陣列波導光柵與該饋送器光纖光學連接且經組態以在該饋送器光學信號與若干光學網路單元信號之間進行多工/解多工。每一光學網路單元信號包含在舊型上游自由頻譜範圍中之一舊型上游波長、在舊型下游自由頻譜範圍中之一舊型下游波長、在升級上游自由頻譜範圍中之一升級上游波長及在升級下游自由頻譜範圍中之一升級第二下游波長。該系統可進一步包含一第一放大器或一第二放大器中之至少一者。該第一放大器與該第四多工器及該第三多工器光學連接且經組態以光學放大該第三經多工信號。該第二放大器與該第五多工器及該第三多工器光學連接且經組態以光學放大該第四經多工信號。在某些實例中，該系統亦包含一第三光學線路終端及一第四光學線路終端。該第三光學線路終端具有與該第四多工器通信之一輸出及與該第五多工器通信之一輸入。該第三光學線路終端傳輸該第五光學線路終端信號且接收該第七TDM-PON光學線路終端信號。該第四光學線路終端具有與該第四多工器通信之一輸出及與該第五多工器通信之一輸入，該第四光學線路終端傳輸該第六(點對點)光學線路終端信號且接收該第八(點對點)光學線路終端信號。

本發明之另一態樣提供一種方法，該方法包含在一第一多工器(MUX)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第一經多工信號；與具有一第一多工群組之一第一光學線路終端信號及具有一第二多工群組之一第二光學線路終端信號(點對點)。該方法亦包含在一第二多工器處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第二經多工信號；與具有該第一多工群組之一第三光學線路終端信號及具有該第二多工群組之一第四光學線路終端信號。該方法亦包含在與該第一多工器及該第二多工器光學連接之一第三多工器處接收以下信號，且在以下信號

之間進行多工/解多工：一饋送器光學信號；與該第一經多工信號及該第二經多工信號。該第一光學線路終端信號及該第二光學線路終端信號各自包含在舊型下游自由頻譜範圍中之一下游波長，且該第三光學線路終端信號及該第四光學線路終端信號各自包含各自在舊型上游自由頻譜範圍中之一上游波長。

此態樣可包含以下選用特徵中之一或多者。在某些實施方案中，該方法進一步包含在與該第一多工器及該第三多工器光學連接之一第一放大器處放大該第一經多工信號；或在與該第二多工器及該第三多工器光學連接之一第二放大器處放大該第二經多工信號。

在某些實例中，該第一多工群組包含一時間分割多工被動光學網路協定且該第二多工群組包含一波長分割多工(WDM)被動光學網路協定，其中每一波長係一點對點鏈路。該第一光學線路終端信號及該第三光學線路終端信號可各自具有一第一協定，且該第二光學線路終端信號及該第四光學線路終端信號可各自具有不同於該第一協定之一第二協定。

在某些實施方案中，該方法進一步包含在該第一多工器(MUX)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：該第一經多工信號；與一第五光學線路終端信號、該第一光學線路終端信號及該第二光學線路終端信號。該第一光學線路終端信號具有一第一協定，且該第五光學線路終端信號(TDM-PON, λ_2)具有該第一多工群組及不同於該第一協定之一第二協定。該方法亦包含在該第二多工器處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：該第二經多工信號；與該第二光學線路終端信號、該第四光學線路終端信號及一第六光學線路終端信號(TDM-PON λ_2)。該第六光學線路終端信號具有該第一多工群組及該第二協定。

該方法亦可包含憑藉與該第三多工器光學連接之一饋送器光纖傳輸該饋送器光學信號。該方法亦包含在與該饋送器光纖光學連接之一陣列波導光柵處接收該饋送器光學信號與若干光學網路單元信號，且在該饋送器光學信號與若干光學網路單元信號之間進行多工/解多工。每一光學網路單元信號包含在舊型上游自由頻譜範圍中之一上游波長及在舊型下游自由頻譜範圍中之一下游波長。

在某些實施方案中，該方法包含在與該第三多工器光學連接之一第四多工器處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第三經多工信號；與具有該第一多工群組之一第五光學線路終端信號及具有該第二多工群組之一第六光學線路終端信號。該方法亦包含在與該第三多工器光學連接之一第五多工器處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第四經多工信號；與具有該第一多工群組之一第七光學線路終端信號及具有該第二多工群組之一第八光學線路終端信號(點對點)。該第五光學線路終端信號及該第六光學線路終端信號各自包含在升級下游自由頻譜範圍中之一下游波長，且該第七光學線路終端信號及該第八光學線路終端信號各自包含在升級上游自由頻譜範圍中之一上游波長。該方法可進一步包含憑藉與該第三多工器光學連接之一饋送器光纖傳輸該饋送器光學信號。該方法亦包含在與該饋送器光纖光學連接之一陣列波導光柵處接收該饋送器光學信號與若干光學網路單元信號，且在該饋送器光學信號與若干光學網路單元信號之間進行多工/解多工。每一光學網路單元信號包含在舊型上游自由頻譜範圍中之一舊型上游波長、在舊型下游自由頻譜範圍中之一舊型下游波長、在升級上游自由頻譜範圍中之一升級上游波長及在升級下游自由頻譜範圍中之一升級下游波長。

在附圖及以下說明中陳述本發明之一或多個實施方案之細節。依據說明及圖式且依據申請專利範圍，其他態樣、特徵及優點將顯而易見。

【圖式簡單說明】

圖1係一先前技術PON架構之一示意圖。

圖2A係一先前技術TDM-PON架構之一示意圖。

圖2B係一先前技術WDM-PON架構之一示意圖。

圖2C係一先前技術NG-PON2架構之一示意圖。

圖3A係一實例性TWDM-PON架構之一示意圖。

圖3B及圖3C係實例性陣列波導光柵(AWG)之示意圖。

圖3D係圖2A及圖2B之實例性AWG之循環行為之一示意圖。

圖3E係圖2A及圖2B之實例性AWG之一循環行為之一示意圖，其中上行鏈路及下行鏈路使用同一波長。

圖4係具有一個二層服務之一實例性TWDM-PON架構之一示意圖。

圖5A及圖5B係實例性TWDM-PON架構之示意圖。

圖5C及圖5D係在圖5A及圖5B之TWDM-PON架構中使用之一實例性ONU之示意圖。

圖6A及圖6B係經組態以經升級/經擴展之一實例性TWDM-PON架構之示意圖。

圖7係一實例性經擴展/經升級TWDM-PON架構之一示意圖。

圖8A及圖8B係經擴展/經升級TWDM-PON架構之實例性頻譜分配之示意圖。

圖9A係一先前技術TDM-PON網路之一實例性示意圖。

圖9B係一實例性TWDM-PON網路之一實例性示意圖。

圖10係升級/擴展一舊型網路之一方法之操作之一實例性配置。

在各圖式中，相似參考符號指示相似元件。

【實施方式】

光纖到戶(FTTH)係透過光纖將一通信信號自一中心局(CO)或光學線路終端(OLT)遞送至一使用者之一住戶或一商店。參考圖1，當今之FTTH系統主要地透過單點對多點時間分割多工(TDM)被動光學網路(PON)來提供，該單點對多點時間分割多工被動光學網路在場中使用一遠端節點70(RN)處之一被動光學功率分離器以共用CO 40處之一共同收發器50(OLT)，或者透過點對點(pt-2-pt)直接連接來提供，其中與共用的收發器(TDM收發器)相反，一入戶(home-run)光纖一直延伸回至CO 40且每一客戶由一單獨收發器端接。PON 10將光學信號自一CO 40提供至在客戶駐地之各自包含一雙向光學收發器之若干個光學網路單元(ONU) 60且包含一光學傳輸器/接收器或收發器50。

與點對點入戶系統相比較，一TDM-PON在饋送器光纖20(在一遠端節點70與中心局40之間)之數目方面且在CO 40處之光學收發器50之數目方面提供有益節省，同時節省用以端接光纖之插線板空間。然而，TDM-PON並不隨頻寬增長而良好地按比例縮放。每戶之頻寬通常係超額認購的，此乃因在連接至一OLT 50之所有ONU 60當中共用每中心局40處之光學線路終端收發器之頻寬。

點對點系統提供高頻寬給終端使用者30；然而，點對點使用大量主幹光纖20及光學收發器50兩者。因此，點對點系統並不隨CO 40處之OLT 50及CO 40與RN 70之間的光纖計數而良好地按比例縮放，從而產生較大空間要求、較高功率及一增加之成本。

當光纖提供實際上不受限制頻寬時光纖到戶(FTTH)被視為寬頻存取網路之終止狀態。FTTH替換當前使用之銅基礎設施(例如，電話線、同軸電纜等)。多工係在光學網路中使用以利用光學光纖之大頻寬達到其完全益處之一方法。多工使得能夠在一單個光纖上形成數個虛擬頻道。因此，對數個光學信號進行多工增加一網路基礎設施之效用。時間分割多工(TDM)係用於將數個信號多工至一光纖鏈路上之一個高速數位信號上之一方法。TDM藉由使用不同時槽建立不同虛擬頻道而對數個信號進行多工。波長分割多工(WDM)藉由使不同頻道使用不同波長而對該等信號進行多工；此等頻道由單獨雷射產生且其訊務通常不交互作用。

繼續參考圖1，CO 40接收可傳送至終端使用者30之資訊，諸如視訊媒體散佈42、網際網路資料44及語音資料46。CO 40包含將光學存取網路連接至一IP、ATM或SONET骨幹(舉例而言)之一光學線路終端(OLT) 50。因此，OLT 50係PON 10之端點且轉換由一服務提供者之裝備使用之電信號及由PON 10使用之光纖信號。另外，OLT 50協調使用者端30處之轉換裝置之間的多工。OLT 50透過一饋送器光纖20發送光纖信號，且該信號由一被動遠端節點70接收，被動遠端節點70將信號散佈至多個使用者30。在某些實例中，每一CO 40包含多個OLT 50，50a至50n。每一OLT 50經組態以將一信號提供至一群組使用者30。另外，每一OLT 50可經組態以提供在不同傳輸協定中之信號或服務，例如，一個OLT提供1G-PON中之服務且另一OLT提供10G-PON中之服務(如稍後將論述)。

一多工器(MUX)組合數個輸入信號且輸出單獨信號之一經組合信號。該經多工信號透過一實體導線(例如，單個光纖20)傳輸，此節省具有針對每一信號之多個導線之成本。如圖1中所展示，CO 40對自數個源接

收之信號(諸如視訊媒體散佈42、網際網路資料44及語音資料46)進行多工，且將該等所接收信號多工成一個經多工信號，之後透過饋送器光纖20將該經多工信號發送至遠端節點70。另外，CO 40對每一OLT 50之信號進行多工，之後透過饋送器光纖20將經多工信號發送至遠端節點集合。CO 40包含用於產生一光學信號之一載波源(例如，一雷射二極體或一發光二極體)，該載波源將經多工信號載運至終端使用者30。在接收器端(亦即，使用者端處之ONU 60)上，使用一解多工器發生一逆程序。該解多工器接收經多工信號且將其分割成最初經組合之單獨原始信號。在某些實例中，一光偵測器將光學波轉換回為其電形式且位於遠端節點處或位於終端使用者30處(例如，在一網路上之資料、使用麥克風轉換成電流且使用揚聲器轉換回為其原始實體形式之聲波、使用視訊攝影機轉換成電流且使用一電視轉換回為其實體形式之影像)。在TDM PON中，在電疇中之光電二極體之後發生信號之解多工。

在使用者端上之一收發器或ONU 60包含用於產生一光學信號之一載波源(例如，雷射二極體或發光二極體)，該載波源將待自一終端使用者30發送之資訊載運至CO 40。一雷射係一高頻率產生器或振盪器，其需要放大、回饋及判定頻率之一調諧機構。雷射同調地發射光，使得雷射輸出係一窄光束。在某些實施方案中，一雷射包含提供放大及頻率之一介質以及提供回饋之若干個鏡。光子透過該介質彈跳離開一個鏡且返回至另一鏡以反彈以用於進一步放大。一個且有時兩個鏡可部分地傳輸光以允許發射所產生光之一分率。一雷射二極體係具有係一p-n接面之一主動介質之一電激發半導體雷射。該p-n接面係藉由摻雜而形成(亦即，將雜質引入至一純半導體中以改變其電性質)。如所展示，自CO 40至一遠端節點70採用一

個饋送器光纖20，其中信號經分離且散佈至(舉例而言)光學網路單元60a至60n。

參考圖2A，最常部署之TDM-PON系統係由ITU (國際電信聯盟)標準化之GPON系統及由IEEE (電機電子工程師學會)標準化之EPON系統。一GPON系統提供在使用者30當中在饋送器光纖20上共用之2.5 Gb/s下游頻寬及1.25Gb/s上游頻寬，且連接至同一OLT收發器50。GPON系統係成熟的且非常具成本效益的。TDM PON面臨頻寬按比例調整之困難，此乃因OLT 50及ONU 60端兩者之光學收發器需要以共用同一OLT 50之所有ONU 60之聚合頻寬來操作。TDM-PON通常可具有一1:16至1:64功率分離比。每使用者及PON範圍之平均頻寬相對於分離比成反比例縮放。

TDM-PON架構包含用於將上游傳輸與下游傳輸分開之兩個波長。在G-PON及E-PON兩者中，1310-nm波長用於自客戶駐地處之ONU 60至CO 40處之OLT 50之上游傳輸且1490-nm波長用於自CO 40處之OLT 50至使用者30駐地處之ONU 60之傳輸。在一單個光纖20、22上用在雷射二極體(LD)傳輸器54及光偵測器(PD)接收器56前面之一光學波長雙工器52對上游波長及下游波長進行多工。來自OLT 50之光學信號在場中用一1:N功率分離器72進行分離以將信號廣播至伺服於不同使用者30之多個ONU 60。OLT 50與ONU 60之間的距離受OLT/ONU傳輸器功率及接收器靈敏度以及分離損耗限制。使用一TDM協定在使用者30當中在同一功率分離器72上共用OLT收發器50，從而簡化CO 40處之光纖端接且跨越多個ONU 60攤開收發器50之成本。典型GPON及EPON設計使用1:16、1:32或1:64之分離比及高達20km之一傳輸距離。

一替代FTTH架構係圖2B中所展示之WDM-PON架構。波長分割多工

(WDM) PON沿每一傳輸方向給予每一使用者30一專用波長。在一WDM-PON網路中，分配一不同波長 λ 給每一使用者30以用於將資料上游傳輸至CO 40。因此，每一ONU 60使用一波長特定傳輸器62 (諸如一可調諧波長雷射)來將資料以不同波長 λ 傳輸至CO 40。可在針對每一特定路徑22 (對應於一使用者30)進行部署時調諧該可調諧波長雷射，此允許由所有使用者30使用一種類型之收發器60。WDM-PON系統提供一較大總體系統容量FTTH網路，此乃因總容量係頻道容量與所使用之波長之數目相乘。在此架構中，每一客戶ONU 60具有在CO 40處之一對應OLT 50傳輸器。因此，針對具有32個ONU 60之32個客戶，CO 40具有各自將一信號發送至一ONU 60之32個OLT 50。自一CO 40至個別ONU 60之信號使用不同波長來載運，且在場中使用一波長多工器200，200a (通常為一陣列波導光柵路由器(AWG))在光纖設備20、22中經多工。CO 40內側之另一波長多工器/解多工器200，200b在饋送器光纖20中將光學波長分開且將該等光學波長連接至個別「彩色」 OLT收發器50，50a至50n。場AWG 200通常係具有多個自由頻譜範圍(FSR)之一循環裝置且上游波長及下游波長藉由FSR分開，如圖3A至圖3C中所展示。在圖2B中，在場中及在CO中之兩個波長多工器200係循環AWG。

TDM架構及WDM架構之態樣可組合成一時間波長分割多工PON (TWDM-PON)。在一TWDM-PON架構(如圖2C中所展示，且ITU-T SG-15提議的NG-PON2努力(下一代PON2)中所提議)之一項實例中，NG-PON2之一個選項係使用一四波長整合式OLT 50。在NG-PON2中，OLT 50使用在OLT 50內側與雙工器52組合之四個下游傳輸器雷射(LD-1、LD-2、LD-3、LD-4)及四個上游接收器(PD-1、PD-2、PD-3、PD-4)。NG-

PON2採用與傳統TDM-PON相容之一光纖設備20，因此OLT 50中之所有四個傳輸波長經廣播至僅具有一個接收器66之每一ONU 60。因此，ONU 60需要使用一可調諧接收器66來選擇個別下游波長。同時，ONU 60亦配備有一可調諧傳輸器65以調諧至來自一NG-PON2 OLT 50之四個可能接收波長中之一者。與其中僅ONU傳輸器65雷射需要係可調諧的(以用於存貨及容易操作)之圖2B中之WDM-PON相比較，NG-PON2 ONU 60需要具有一可調諧傳輸器65雷射及可調諧接收器66兩者，從而轉變為更昂貴硬體。另外，NG-PON2必須亦克服功率分離器72之額外損耗(與在WDM-PON中使用之AWG 200相比較，AWG 200針對大埠計數固有地具有小於功率分離器之損耗)及ONU 60中之可調諧濾波器損耗。NG-PON2之目標係藉由增加TDM速率(每波長10Gb/s)且使用多個波長而增加系統容量以實現更多使用者30及/或更高頻寬應用。然而，該設計面臨功率預算及成本挑戰。NG-PON2之另一挑戰係OLT 50及ONU 60需要管理波長槽及時槽兩者；且需要新MAC層協定。資料鏈路層(層2)之一MAC層資料通信協定還原。MAC軟體提供定址與頻道存取控制機制，從而允許數個終端或網路節點在多個存取網路內彼此通信。一媒體存取控制係實施MAC之硬體。

迅速地增加網際網路應用正使可自當前TDM-PON系統獲得之頻寬緊張。雖然所提議WDM-PON及TWDM-PON解決方案某種程度上解決存取容量問題，但其部署起來更昂貴。為了有效地克服頻寬需求成本之長期增加，圖3A中所展示之每饋送器光纖20具有較高ONU計數之一經更新TWDM-PON架構100可適應頻寬需求及取用比率之增加。TWDM-PON架構100(如關於圖3A至圖8、圖9B及圖10所展示及闡述)組合在一單個波長

上支援多個使用者30 (TDM-PON)之成本優點與WDM-PON之波長靈活性，此允許波長專用於特定用戶或應用。經升級TWDM-PON架構100使用上文(關於圖2A、圖2B及圖2C)所闡述之TDM及WDM技術\架構之一組合以使使用者30之數目及可在一單個PON上支援之容量倍增。經升級TWDM-PON 100減少光纖基礎設施之成本及構造時間且縮短網路設計循環。另外，經升級TWDM-PON 100提供將在CO 40與RN 70之間且在RN 70與ONU 60之間使用之較細光纖束20、22，此導致更易於部署之較小管道。另外，經升級TWDM-PON 100增加覆蓋距離(亦即，饋送器光纖20、22之長度)且實現極好PON設計，此允許經升級TWDM-PON 100合併且減少CO 40之數目且減少網路操作中之長期續生成本。此外，經升級TWDM-PON 100在ONU 60處不需要可調諧接收器，此顯著降低網路100之成本。經升級TWDM-PON 100可憑藉16個波長及當前GPON速度(2.5Gbps下游及1.25Gbps上游)達成每圖2C中所展示之饋送光纖之類似總體容量(NG-PON2，40Gbps)。另外，經升級TWDM-PON 100較佳地隨在饋送器光纖20、22上之傳輸距離而按比例縮放，且具有較佳功率預算及色散容限(與NG-PON2相比較)。

如先前所闡述，TDM-PON使用RN 70處之一光學功率分離器72來將多個ONU 60連接至每一OLT 50。當在TWDM-PON中經由一光學功率分離器72傳輸大量波長時，每一ONU 60包含一阻擋濾波器以阻擋出規頻帶波長。在某些實例中，一可調諧ONU 60經使用且包含一可調諧窄頻帶濾波器。一可調諧ONU 60之使用增加每一ONU 60之成本，此導致網路100之成本之一增加。此外，RN 70處之功率分離器72可不達成大分離比，此乃因一大分離器之總功率損耗係難以藉由OLT 50及ONU 60處之傳輸器

54、65及接收器56、66克服的。因此，在經升級TWDM-PON架構(圖3A)中，期望使用諸如循環陣列波導光柵路由器(AWG) 200之一波長選擇性(解)多工器以極大地增加最大分離比且移除對ONU 60處之窄頻帶濾波器之需要，藉此降低成本(藉由不使用可調諧接收器)。另外，循環AWG 200將損耗自若干個埠解耦，藉此以較低損耗來達成一較高分離比。使用一AWG 200之多個TDM PON (例如，1G-PON及10G-PON)可被視為一TWDM-PON，此乃因利用WDM來增加網路之總體容量。

圖3A至圖3E圖解說明在經升級TWDM-PON架構100中使用之一例示性陣列波導光柵200 (AWG)。一AWG 200可用於在經升級TWDM-PON 100中(舉例而言，在RN 70處或在OLT 50處)對一光學信號進行解多工。AWG 200可將大量波長多工至一個光纖中，因此增加光學網路100之傳輸容量。AWG 200因此可將數個波長之頻道多工至一傳輸端處之一單個光纖上，且相應而相反地，其亦可對一光學通信網路之接收端處之不同波長頻道進行解多工。一AWG 200係在光學網路中通常用作一波長多工器及/或解多工器之一被動平面光波電路裝置。N×N AWG 200亦具有波長路由能力。若一系統具有N個等距波長 λ_N ，則一N×N AWG 200可設計有匹配波長間距之一出口埠間距。N×N AWG 200將一入口埠210處之不同波長路由至不同出口埠220，使得所有N個波長依序映射至所有N個出口埠220_N。在兩個連續入口埠210處之相同N個波長之路由使波長映射移位一個出口側。另外，在任一入口上之波長頻道以FSR重複。在某些實施方案中，AWG 200在一第一輸入210a (例如，輸入1)處經由一第一光纖接收一第一經多工光學信號。AWG 200對所接收信號進行解多工且透過其輸出220，220a至220n (例如，輸出1至32)輸出經解多工信號。

AWG 200本質上係循環的。AWG 200之波長多工及解多工性質在稱作自由頻譜範圍(FSR)之波長週期內重複。由自由頻譜範圍(FSR)分開之多個波長沿著每一埠220傳遞。因此，藉由利用多個FSR循環，不同層服務可在同一光纖設備20、22上共存。

在某些實施方案中，為構造一低損耗循環AWG 200，應仔細地設計星形耦合器及波導光柵。應正確地工程設計光纖光柵中之陣列波導。光柵中之波導之間的相位差係判定AWG 200之FSR B1至B4之一因素。一個FSR B1至B4內之逐頻道損耗量變曲線與輸出頻道波導之特徵模態(AWG 200之自然振動)與自光柵中之波導臂繞射之小波束之間的重疊積分有關。任一FSR B1至B4之端頻道通常具有一較大損耗與折衷通頻帶。通常最佳的係設計比所要數目個頻道多大約四個或六個之頻道，因此每循環分別浪費四個或六個頻寬頻道。

使用具有小FSR之一循環AWG 200之缺點係頻道間距可在循環之間稍微變化。關於頻率之波長間距針對較短波長可係較寬的。波導臂相位差、材料色散(亦即，隨波長而改變之折射率)及波導剖面設計全部促成跨越FSR之頻道間距之變化。可藉由恰當材料選擇及波導設計最佳化頻道間距，但跨越多個FSR形成一均勻頻率間距係非常困難的。因此，在某些實例中，一較大AWG 200與分離器72組合使用(舉例而言，參見圖4)。

AWG 200可具有光學波長範圍之多個循環，其具有重複多工及解多工性質。如圖3C中所展示，每一循環B1至B4通常稱為一FSR。一多循環AWG 200沿著每一埠220，220a至220d發送由FSR分開之多個波長 λ_1 至 λ_{16} 。在大多數PON系統中，不同波長由於遠近效應而用於信號之上游及下游。遠近效應係其中一接收器擷取一強信號且藉此使該接收器不可能偵

測到一較弱信號之一狀況。此允許使用諸如一薄膜濾波器(TFF)之一波長選擇性裝置來幫助達成上行鏈路與下行鏈路之間的所需要隔離以克服遠近效應。因此，假定一WDM-PON平台針對每一層服務使用循環AWG 200之兩個FSR循環(一個循環用於下游傳輸且另一循環用於上游傳輸)。為將一第二平台添加至一網路100，四個可用循環將允許兩個平台之同時使用。此一系統100將把信號自兩個平台遞送至使用者30中之每一者，且每一AWG輸出220將自兩個平台輸出/接收信號。每一AWG輸出220與至少一個ONU 60光學連接，然後每一ONU 60將自兩個平台接收信號。

為藉由使用一循環AWG 200之方式進一步闡釋兩個平台之使用，圖3C展示具有一輸入210a及四個輸出220，220a至220b之一循環AWG 200。循環AWG 200接收四個FSR (頻帶) B1至B4，如圖3D中所展示。FSR B1及B2用於上游而FSR B3及B4用於下游。FSR B1包含波長 λ_1 至 λ_4 ，FSR B2包含波長 λ_5 至 λ_8 ，FSR B3包含波長 λ_9 至 λ_{12} ，且FSR B4包含波長 λ_{13} 至 λ_{16} ；其中 $\lambda_1 < \lambda_2 < \lambda_3 < \dots < \lambda_{15} < \lambda_{16}$ 。當循環AWG 200在其輸入210處接收波長 λ_1 至 λ_{16} 時，每一波長 λ_1 至 λ_{16} 以一循環方式自一不同輸出220輸出。因此，第一FSR B1之第一波長 λ_1 透過循環AWG 200之第一輸出220a輸出，第一FSR B1之第二波長 λ_2 透過循環AWG 200之第二輸出220b輸出，第一FSR B1之第三波長 λ_3 透過循環AWG 200之第三輸出220c輸出，且第一FSR B1之第四波長 λ_4 透過循環AWG 200之第四輸出220d輸出，從而完成第一循環。當第二FSR B2之第一波長 λ_5 透過循環AWG 200之第一輸出220a輸出時開始第二循環，第二FSR B2之第二波長 λ_6 透過循環AWG 200之第二輸出220b輸出，第二FSR B2之第三波長 λ_7 透過循環AWG 200之第三輸出220c輸出，且第二FSR B2之第四波長 λ_8 透過循環

AWG 200之第四輸出220d輸出，從而完成第二循環。第三循環以第三FSR B3之第一波長 λ_9 透過循環AWG 200之第一輸出220a輸出開始，第三FSR B3之第二波長 λ_{10} 透過循環AWG 200之第二輸出220b輸出，第三FSR B3之第三波長 λ_{11} 透過循環AWG 200之第三輸出220c輸出，且第三FSR B3之第四波長 λ_{12} 透過循環AWG 200之第四輸出220d輸出，從而完成第三循環。第四循環以第四FSR B4之第一波長 λ_{13} 透過循環AWG 200之第一輸出220a輸出開始，第四FSR B4之第二波長 λ_{14} 透過循環AWG 200之第二輸出220b輸出，第四FSR B4之第三波長 λ_{15} 透過循環AWG 200之第三輸出220c輸出，且第四FSR B4之第四波長 λ_{16} 透過循環AWG 200之第四輸出220d輸出，從而完成第四循環。在此情形中，每一FSR B1至B4包含四個波長 λ_1 至 λ_{16} (FSR B1包含波長 λ_1 至 λ_4 ，FSR B2包含波長 λ_5 至 λ_8 ，FSR B3包含波長 λ_9 至 λ_{12} ，FSR B4包含波長 λ_{13} 至 λ_{16})，且循環AWG 200包含四個輸出220。因此，來自每一FSR B1至B4之一個波長輸出每一AWG輸出220。換言之，每一AWG輸出220輸出來自一FSR B1至B4之一波長。如所闡述，一第一平台可針對上游傳輸使用第一FSR B1且針對下游使用第三FSR B3，而且第二平台可針對上游傳輸使用第二FSR B2且針對下游使用第四FSR B4。類似地，網路100可藉由使用六個FSR循環而支援三個平台，從而將三個平台提供至每一使用者30。該網路亦可藉由使用八個FSR循環而提供四個平台，藉由使用10個FSR循環而提供五個平台，依此類推。在一TWDM-PON架構中，每一波長 λ 擔負多個使用者30，因此，網路100可經組態以同時操作不同速率之PON以供應不同層服務(例如，1G-PON及10G-PON)。舉例而言，CO 40處之服務提供者可想要在一較高速率PON上提供一商務進階版服務且在一較低速率PON上提供標準住宅服

務。參考關於圖2C所論述之實例，商務進階版服務可使用第一FSR B1及第三FSR B3或者第二FSR B2及第四FSR B4中之一者，且低速率PON可使用第一FSR B1及第三FSR B3或者第二FSR B2及第四FSR B4中之另一者。使用者30接收之服務由其各別ONU 60判定，ONU 60係客戶駐地裝備(CPE)之一部分。CPE可經組態以接收商務進階版服務或低速率服務中之一者或另一者。在某些實例中，若使用者30想要自低速率服務升級至商務進階版服務，則使用者30必須改變/升級其CPE以能夠接收係自CO 40傳輸之經升級/優質信號。

圖3E展示僅具有每一者四個波長(λ_1 至 λ_4 及 λ_5 至 λ_8) (總計八個波長)之兩個FSR B1、B2之一系統。如所展示，上行鏈路及下行鏈路使用相同波長。儘管此對於當今大多數商業PON係非典型的，但存在此一技術之諸多提議，包含在ONU 60處使用反射半導體光學放大器之彼等提議。另外，在AWG 200之入口處之信號針對八個不同TDM-PON在八個不同波長(λ_1 至 λ_4 及 λ_5 至 λ_8)上載運上行鏈路信號及下行鏈路信號兩者。在RN 70處使用具有四個波長之一FSR之一循環AWG 200，因此沿著AWG之每一出口埠220a至220d發送兩個TDM-PON服務。此系統因此與圖3D中所展示之系統完全相同地工作，惟無法使用諸如TFF之波長選擇性技術作為在OLT 50或ONU 60處之雙工器除外。代替地，諸如一光學循環器之一定向裝置必須提供輸入與輸出之間的全部所需光學隔離。仍將在OLT 50及ONU 60兩者處使用一波長選擇性組件以選擇自由頻譜範圍。若此一技術在未來將變得容易獲得，則在部署具有圖3D中所闡述之波長計劃之場AWG之後，可期望升級服務以針對上游及下游使用相同波長，因此實現至每一AWG出口埠之高達四個不同服務。

圖4展示自CO 40至與終端使用者30相關聯之ONU 60之TWDM網路100之高階架構之一示意圖。諸如G-PON或E-PON之TDM-PON系統通常由於其成本及頻寬效率而係所部署商業FTTH系統。系統通常使用諸如1:16、1:32及1:64之比率。在TDM-PON中，增加分離比會降低總體OLT成本且減少饋送器光纖絞合線20、22，但亦減小至每一使用者30之容量及範圍，此乃因較大分離器具有一較大損耗。舉例而言，具有一1:32分離比之為20,000個通道(passing)之一CO 40意味自CO 40至RN 70必須使用最少625個光纖絞合線20。為100,000個通道之一極大CO 20需要3125個光纖20。較大服務區意味使用者30與CO之間的平均距離更大，從而進一步增加網路中所需要之光纖量。由於高光纖成本及在一粗光纖電纜20之一光纖切割之事件中恢復之經增加平均時間，此大量饋送器光纖20使大CO 40不具吸引力。另外，在地下使用較大大小之管道來裝納粗光纖20。對於空中光纖構造，粗光纖意味對電線桿之重負載。因此，經升級TWDM-PON 100藉由組合TDM及WDM兩者與一可擴縮TWDM架構而減少自CO 40之饋送器光纖20、22之數目以為相同數目個使用者30服務。如圖4中所展示，經升級TWDM-PON 100包含使用波長分割多工堆疊在一單個饋送器電纜20上之多個TDM-PON。因此，若使用10對波長(由一十埠循環AWG之兩個FSR涵蓋)，則可將10個TDM-PON多工至一單個饋送器光纖20上，從而使自一CO 40需要之饋送器光纖20之數目減少十倍。在某些實例中，在場中使用一AWG 200以首先將波長對分開。AWG 200之每一輸出埠220後續接著一功率分離器72以分離至個別ONU 60之TDM信號，如在傳統TDM PON中(圖2A)。每饋送器光纖20之使用者30或ONU 60之總數目係 $M \times N$ ，其中 M 係WDM分離器(例如，AWG 200)之輸出埠220之數目且 N

係功率分離器72之TDM功率分離比。因此，光纖數目、管道大小及一光纖切割之平均維修時間(MTTR)減少 M 之一因數。

圖5A展示使用1G-PON來表示TDM-PON之經升級TWDM架構100。然而，G-PON波長經移位。CO 40處之「1G-PON λ_1 」意味具有經修改光學層之一G-PON OLT 50，使得G-PON OLT 50在循環AWG 200之上游FSR B1之波長 λ_1 上傳輸且自對應下游FSR B3中之成對波長 λ_9 接收。在某些實例中，1G-PON OLT 50在循環AWG 200之上游FSR B2之波長 λ_5 上傳輸且自對應上游FSR B4中之成對波長 λ_{13} 接收。當CO 40包含一個以上OLT 50時，在將每一OLT之信號發送至遠端節點70之前使每一OLT之信號與其他OLT (例如，包含多工器310、320之光學系統300)之信號進行多工。

另外，圖5A展示允許將TWDM系統背負至一商業G-PON OLT底盤上之離散OLT收發器50。因此，為升級網路，一ISP切換G-PON OLT收發器與以定製波長設計之收發器50且插入多工器310、320及放大器330 (若需要)。離散OLT收發器50 (與一WDM-PON中所使用之整合式陣列OLT收發器相反)允許使用不同協定(例如，1 G-PON及10 G-PON)之靈活性，其中每一協定在一不同波長上(參見圖5B)。

參考圖5B，在某些實例中，循環AWG 200之波長 $\lambda_{1,1}$ 用於1G-PON協定(OLT 50aa)，然而波長 $\lambda_{2,1}$ 用於10G-PON協定(OLT 50ab)。因此連接至AWG輸出埠220之 $\lambda_{1,1}$ 之在功率分離器72外面懸掛之ONU 60全部係可調諧1G-PON-ONU 60且連接至AWG輸出埠220之 $\lambda_{2,1}$ 之ONU 60全部係可調諧10G-PON ONU。

返回參考圖5A及圖5B，在某些實施方案中，一光學系統300包含用

於單獨傳輸連接(下游信號 S_{DM})及接收連接(上游信號 S_{UM})之雙工光纖，此不同於包含具有分開OLT 50內之上游及下游信號之一內建雙工器之一單個光纖介面的習用G-PON OLT收發器。光學系統300包含一頻帶多工器310、用於對來自OLT 50之信號(在L紅色頻帶中)進行多工之一下游多工器320a及用於對自ONU 60接收之信號(在C紅色頻帶中)進行解多工之一解多工器320b。頻帶多工器310充當一雙工器，此乃因其將上游OLT信號 S_{DM} (在C紅色頻帶中)及下游OLT信號 S_{UM} (在L紅色頻帶中)多工成一個傳輸信號 S_T 信號。光學系統300之設計使用一下游多工器320a來將來自一或多個OLT 50之下游信號 S_{D1} 至 S_{Dn} 多工成一個下游信號 S_{DM} ，且使用一上游解多工器320b來將一經多工上游信號 S_{UM} 解多工成至每一OLT 50之一或多個上游信號 S_{U1} 至 S_{Un} 。

在某一實施方案中，光學系統300可分別在下游及上游方向上包含一信號增幅器330及/或一信號前置放大器340。信號增幅器330及/或信號放大器340可係一摻餌光纖放大器(EDFA)。一EDFA係用於使透過饋送器光纖載運之光學信號之強度增幅之一光學中繼器裝置。EDFA信號增幅器330與下游多工器320a及頻帶多工器310光學連接且憑藉一較高功率EDFA使經多工下游信號 S_{DM} 之功率增幅，之後經多工下游信號 S_{DM} 進入長光纖饋送器20或具有大損耗之一裝置(例如，功率分離器)，因此其到達ONU 60。EDFA信號放大器340與上游解多工器320b及頻帶多工器310光學連接且使經多工上游信號 S_{UM} 之功率增幅。EDFA信號放大器340經定位使得在經多工上游信號 S_{UM} 作為一弱信號到達光學系統300時放大經多工上游信號 S_{UM} 。由於EDFA信號增幅器330使包含來自多個OLT 50之信號 S_{D1} 至 S_{Dn} 之經多工下游信號 S_{DM} 增幅，且EDFA信號放大器340放大包含至多個

OLT 50之信號 S_{U1} 至 S_{Un} 之經多工上游信號 S_{UM} ，因此然後在所有TWDM波長 λ 當中共用每一EDFA 330、340之成本，從而產生具成本效益經升級TWDM-PON 100架構。在某些實例中，如所闡述之光學系統300使用一1:32路分離器72將饋送器光纖20之範圍自CO 40延展至50千米之一範圍。為達成進一步範圍，另一組EDFA 330、340可放置在RN 70處。然而，將EDFA 330、340放置在RN 70處會將RN 70自一被動RN 70改變為一動力RN 70。

作為光學系統300之一部分之EDFA 330、340之使用係可選的且取決於經升級TWDM-PON 100之範圍及大小。此外，EDFA放鬆對OLT 50及ONU 60收發器之要求，從而降低ONU 60及OLT 50兩者之所需傳輸器雷射功率及接收器靈敏度。憑藉恰當鏈路設計，EDFA之共用成本改良收發器良率且降低總體經升級TWDM-PON 100架構成本。

在某些實施方案中，網路100之ONU 60包含可調諧傳輸器雷射。另外，AWG 200之一或多個輸出埠220可與一功率分離器72光學連接以用於將一輸出信號自AWG 200傳達至多個ONU 60。將功率分離器72連接至AWG 200以低於單獨使用功率分離器來達成分離比之總體損耗提供經升級TWDM-PON 100且因此增加經升級TWDM-PON 100之可擴縮性。如所闡述，ONU 60可包含一可調諧雷射；然而，亦可使用一非可調諧雷射。由於每一ONU 60在一特定波長 λ 上接收/傳輸信號，因此一雷射用於在正確波長上傳輸一信號。因此，ISP可使用各自具有一不同雷射之多個ONU來適應所接收之不同波長。

在某些實施方案中，AWG 200之邊緣輸出埠220a、220b、220m、220n連接至ONU 60處之點對點(點對點) WDM-PON收發器。由於經升級

TWDM-PON 100經組態以在CO 40處使用離散收發器，因此收發器50由於容易在同一光纖設備20上混合波長特定TDM-PON與點對點 WDM-PON而可為點對點 WDM或TDM收發器。在某些實例中，經升級TWDM-PON 100可包含20個波長。ISP可為TDM-PON預留中心16個波長且為點對點純WDM傳輸預留四個邊緣波長頻道(亦即，邊緣輸出埠220a、220b、220m、220n)，AWG之每一端兩個邊緣波長頻道。一AWG 200之邊緣頻道(亦即，邊緣輸出埠220a、220b、220m、220n)通常遭受較高損耗。因此，此等頻道(亦即，邊緣輸出埠220a、220b、220m、220n)用於點對點連接，點對點連接不穿過有損耗功率分離器72 (導致更多功率損耗)。點對點 WDM-PON頻道可用於載運優質服務，諸如需要有保證頻寬之10Gbps企業網路連接。

如先前所闡述，為升級或增加經升級TWDM-PON 100容量，通常期望將多個服務或平台疊置於同一光纖20上。舉例而言，在TWDM-PON架構100中，藉由針對如關於圖3D闡述而疊置之每一平台使用一不同對波長(一個用於上游且一個用於下游)而達成疊置多個服務。如所展示，ISP利用循環AWG 200之重複FSR B1至B4來更新或擴展經升級TWDM-PON 100。返回參考圖3D，展示四個FSR B1至B4，經升級TWDM-PON 100可針對現有服務使用第一FSR B1 (上游FSR)及第三FSR B3 (下游FSR)，且針對經升級或擴展服務使用第二FSR B2 (上游FSR)及第四FSR B4 (下游FSR)。或者經升級TWDM-PON 100可針對現有服務使用第二FSR B2 (上游FSR)及第四FSR B4 (下游FSR)，且針對經升級或擴展服務使用第一FSR B1 (上游FSR)及第三FSR B3 (下游FSR)。FSR B1至B4係交錯的使得上游及下游波長彼此分開，此使ONU 60內側之雙工器設計容易。(收發

器之)每一ONU接收器配備有一頻帶濾波器以針對所關注之特定服務選擇合意FSR B1至B4。因此，ONU 60處不需要一可調諧接收器。

參考圖5C及圖5D，每一ONU 60包含一雙工器62，雙工器62將雙工器之第一埠P1及第二埠P2多工成一第三埠P3。第一埠P1及第二埠P2上之信號佔據不相交頻帶，亦即，在不同FSR B1至B4上；因此，第一埠P1及第二埠P2上之信號可共存於第三埠P3上。因此，兩個較短波長頻帶FSR B1及FSR B2用於上行鏈路且兩個較長波長頻帶FSR B3及FSR B4用於下行鏈路。此放鬆對ONU 60中之彩色雙工器之要求。此外，每一ONU 60包含在雙工器62前面之帶通濾波器64以移除來自OLT 50之用於其他服務之不想要之下行鏈路頻道。固定帶通濾波器64使在一特定範圍內之頻率或波長 λ 通過且拒斥(亦即，衰減)在彼範圍外之頻率或波長 λ 。因此，每一帶通濾波器64使與所要服務相關聯之所要波長 λ 通過。在某些實施方案中，在每一ONU 60內側之雙工器62亦用作在接收器Rx前面之帶通濾波器64以移除來自OLT 50之用於其他服務之不想要之下行鏈路頻道。圖5C展示經組態以接收/傳輸第一FSR B1及第三FSR B3上之信號之一實例性ONU 60。而圖5D展示經組態以接收/傳輸第二FSR B2及第四FSR B4上之信號之一實例性ONU 60。

返回參考圖5A及圖5B，系統100可包含與AWG 200之每一輸出220通信之一或多個光學分離器72。光學分離器72進一步擴展網路100。每一光學分離器72將自AWG 200之每一埠220輸出之信號傳達至ONU 60。舉例而言，自AWG 200之第一非邊緣埠220c輸出之具有波長 λ_1 之第一信號由功率分離器72分離，然後將具有波長 λ_1 之第一信號傳達至與傳輸具有波長 λ_1 之第一信號之分離器72光學連接之ONU 60。在此情形中，係使用G-

PON MAC之一ONU 60a之第一ONU 60a接收自第一OLT 50aa傳輸之具有波長 λ_1 之所輸出信號。第二ONU 60k可係使用G-PON MAC之一ONU 60k (如圖5A中所展示)或一10G-PON ONU 60a (如圖5B中所展示)且接收/傳輸來自/去往第二OLT 50ab之具有波長 λ_2 之一信號，第二OLT 50ab係使用G-PON MAC之一OLT (如圖5A中所展示)或一10G-PON OLT (如圖5B中所展示)。每一ONU 60a、60k包含對ONU 60可接收之波長進行濾波之帶通濾波器64 (圖5C及圖5D)。

參考圖6A及圖6B，為升級或增加經升級TWDM-PON架構100之容量，包含四個埠312a、312b、312c、312d且使用第一埠312a及第二埠312b之頻帶多工器310擴展其第三埠312c及第四埠312d之使用。波長 $\lambda_{n,m}$ 表示AWG埠220之FSR m之第n個波長。舉例而言，波長 $\lambda_{1,1}$ 表示用於上游傳輸之第一FSR B1 (或用於下游傳輸之第三FSR B3)之第一波長 λ_1 。波長 $\lambda_{2,1}$ 表示用於上游傳輸之第一FSR B1 (或用於下游傳輸之第三FSR B3)之第二波長 λ_2 。圖6A展示類似於圖5A之一TWDM網路100，其具有使用G-PON MAC之兩個OLT 50aa、50ab；而圖6B展示類似於圖5B之一TWDM網路100，其具有使用G-PON MAC之一OLT 50aa及一10G-PON OLT 50ab。

參考圖7，為升級/擴展經升級TWDM-PON 100，ISP將新經升級或經擴展OLT 50，50ba至50bn首先疊置於擴展FSR B2、B4上。然後，終端使用者30可交換其舊型ONU 60與經組態以自擴展FSR B2、B4接收經更新信號之經升級ONU 60。在已用新經升級ONU 60換出所有舊型ONU 60之後，可廢棄舊型OLT 50，50aa至50an，從而使其最初佔用之FSR (例如，FSR B1及FSR B2)可用於升級至甚至更加新的服務。如所展示，舊

型系統使用FSR B1及B3且經擴展或經升級系統使用FSR B2及B4；然而，舊型系統可使用FSR B2及B4且經擴展或經升級系統使用FSR B1及B3。

圖7之光學系統300另外包含用於對來自OLT 50之信號(在L藍色頻帶中)進行多工之一下游多工器320c及用於對自ONU 60接收之信號(在C藍色頻帶中)進行解多工之一解多工器320d。頻帶多工器310將上游OLT信號 S_{UM} (在C紅色頻帶及C藍色頻帶中)及下游OLT信號 S_{DM} (在L紅色頻帶及L藍色頻帶中)多工成一個傳輸信號 S_T 信號。光學系統300之設計使用一下游多工器320c來將來自一或多個OLT 50ba至50bn之下游信號 S_{D1} 至 S_{Dn} 多工成一個下游信號 S_{DM} 且使用一上游解多工器320d來將一經多工上游信號 S_{UM} 解多工為至每一OLT 50ba至50bn之一或多個上游信號 S_{U1} 至 S_{Un} 。

在某一實施方案中，光學系統300可分別在下游及上游方向上包含一第二信號增幅器330b及/或一第二信號前置放大器340b (除類似於上文所闡述之彼等裝置之第一信號增幅器330a及/或一第一信號前置放大器340a之外)。作為光學系統300之一部分之EDFA 330b、340b之使用係可選的且取決於經升級TWDM-PON 100之範圍及大小。

在某些實施方案中，額外對FSR B2、B4允許兩個經升級服務共存於同一光纖設備20上，舉例而言10G-PON及100G pt-2pt。如所展示，1G-PON及10G 點對點服務透過循環AWG 200之第一FSR B1及第三FSR B3來供應，然而10G-PON及100G 點對點服務透過循環AWG 200之第二FSR B2及第四FSR B4來供應。憑藉此設計，每一分離器可連接至一1G-PON ONU或10G-PON ONU，且每一點對點鏈路可係一10G鏈路或100G鏈路。ONU 60使用具有適合調諧範圍之可調諧雷射進行上游傳輸且使用在

接收器前面之內建頻帶濾波器來選擇正確服務波長。每一使用者接收之服務因此完全由ONU硬體控制。WDM頻帶多工濾波器74用於分開疊置在同一AWG輸出埠上之點對點服務。

參考圖8A及8B，在某些實施方案中，經升級TWDM-PON 100使用分別用於上游及下游傳輸之C頻帶及L頻帶。C頻帶及L頻帶中之每一者進一步隔離成兩個FSR B1至B4，藍色(短波長)及紅色(長波長)。每一FSR中之波長之數目取決於頻道間距。對於100GHz隔開波長，每一FSR可支援大致20個波長。在某些實例中，使用FSR B1及B3之舊型OLT 50aa至50an使用C頻帶及L頻帶中之每一者之短波長(亦即，藍色)(圖8A)。然而，在其它實例中且如圖8B中所展示，舊型OLT 50aa使用長波長(亦即，紅色)且經擴展或經更新系統使用短波長(亦即，藍色)。用於WDM-PON及TWDM-PON之C頻帶及L頻帶波長提供玻璃光纖之最低損耗，因此提供較長傳輸距離及較低功率傳輸之使用。此外，C頻帶及L頻帶係容易地放大之EDFA，其係最成熟光纖技術。此允許關於較長傳輸距離及超大型CO之實施。此外，由於DWDM經濟系統已經存在於C頻帶及L頻帶中，且容易在C頻帶及L頻帶中獲得WDM及可調諧雷射。

參考圖9A及圖9B，其展示當前TDM架構與經升級TWDM架構100之一比較，圖9A之系統展示一典型光纖設備中之光纖電纜之分支。光纖束之大小隨著光纖越來越靠近於終端使用者ONU 60而變得越來越小。此圖表示較大大小管道用於更靠近於CO 40之較粗電纜。相比之下，小大小管道用於經升級TWDM-PON 100。事實上，一標準單一大小管道可用於所有構造，從而簡化經升級TWDM-PON 100設計。

經升級TWDM-PON 100設計允許較少CO 40之使用，此乃因每一CO

40可伺候於更多ONU。因此，CO 40之集中化簡化經升級TWDM-PON 100操作且節省續生操作成本，此乃因需要較少作用CO及因此較少職員來管理及操作網路。

自CO至終端使用者30，光纖電纜20、22經過若干分支以伺候於不同地區。如圖9A中所圖解說明，一典型網路以一非常寬之主幹開始且分支22變得越來越細，此亦減小所需管道大小。較大管道比較細管道構造起來更慢且更昂貴。事實上，饋送器光纖20、22之大小之減小係足夠顯著的使得可貫穿經升級TWDM-PON 100自CO 40至終端使用者30使用一單一大小管道。此不僅減少光纖設備20、22構造之成本及時間，而且簡化經升級TWDM-PON 100設計(使得僅需要路線設計且不需要擔憂管道大小)。亦可改良網路設計速度及准許過程。

參考圖10，用於升級/擴展一經升級TWDM網路100 (如圖4至圖8及圖9B中所闡述)之一方法1000包含在方塊1002處，在一第一多工器(MUX) 320a處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第一經多工信號 S_{DM} ；與具有一第一多工群組(TDM-PON)之一第一光學線路終端信號 S_{D1} 及具有一第二多工群組(點對點)之一第二光學線路終端信號 S_{Dn} 。在方塊1004處，方法1000包含在一第二多工器320b處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第二經多工信號 S_{UM} ；與具有該第一多工群組(TDM-PON)之一第三光學線路終端信號 S_{U1} 及具有該第二多工群組(點對點)之一第四光學線路終端信號 S_{Un} 。在方塊1006處，方法1000包含在與第一多工器320a及第二多工器320b光學連接之一第三多工器310 (例如，BAND MUX)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一饋送器光學信號 S_{Ta} ；與第一經多工信號 S_{DM} 及第二經多工信號

S_{UM} 。第一光學線路終端信號 S_{D1} (TDM-PON, λ_1)及第二光學線路終端信號 S_{Dn} (點對點)各自包含在一舊型下游自由頻譜範圍FSR B3或FSR B4中之一波長，且第三光學線路終端信號 S_{U1} 及第四光學線路終端信號 S_{Un} 各自包含在一舊型上游自由頻譜範圍FSR B1或FSR B2中之一波長。

方法1000可進一步包含在與第一多工器320a及第三多工器310 (BAND MUX)光學連接之一第一放大器330a處放大第一經多工信號 S_{DM} ；或在與第二多工器320b及第三多工器310 (BAND MUX)光學連接之一第二放大器340b處放大第二經多工信號 S_{UM} 。

在某些實例中，第一多工群組包含一TDM-PON協定且第二多工群組 (點對點)包含一WDM-PON協定。第一光學線路終端信號 S_{D1} 及第三光學線路終端信號 S_{U1} 可各自具有一第一協定(TDM-PON, λ_1 ，例如，1G-PON)，且第二光學線路終端信號 S_{Dn} 及第四光學線路終端信號 S_{Un} 可各自具有不同於該第一協定之一第二協定(10G 點對點)。

在某些實施方案中，方法1000進一步包含在第一多工器320a (MUX)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：第一經多工信號 S_{DM} ；與一第五光學線路終端信號 S_{D2} (TDM-PON, $\lambda_{2,1}$)、第一光學線路終端信號 S_{D1} (TDM-PON, $\lambda_{1,1}$)及第二光學線路終端信號 S_{Dn} (點對點)。第一光學線路終端信號 S_{D1} 具有一第一協定(TDM-PON, $\lambda_{1,1}$ ，例如，1G-PON)，且第五光學線路終端信號 S_{D2} (TDM-PON₁)具有第一多工群組 (TDM-PON)及不同於第一協定(TDM-PON, $\lambda_{1,1}$ ，例如，1G-PON)之一第二協定(TDM-PON $\lambda_{2,1}$ ，例如，10G-PON)。方法1000亦包含在第二多工器320b處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：第二經多工信號 S_{UM} ；與第二光學線路終端信號 S_{Dn} 、第四光學線路終端信號 S_{U2}

(點對點)及一第六光學線路終端信號 S_{U2} (TDM-PON)。第六光學線路終端信號 S_{U2} 具有第一多工群組(TDM-PON)及第二協定(TDM-PON $\lambda_{2,1}$)，如圖6B中所展示。

方法1000亦可包含憑藉與第三多工器310 (BAND MUX)光學連接之一饋送器光纖20傳輸饋送器光學信號 S_{Ta} 。方法1000亦包含在與饋送器光纖20光學連接之一AWG 200處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：饋送器光學信號 S_{Ta} 與光學網路單元信號 50_1 至 50_n 。每一光學網路單元信號 50_1 至 50_n 包含在舊型上游自由頻譜範圍FSR 1或FSR 2中之一上游波長及在舊型下游自由頻譜範圍FSR 3或FSR 4中之一下游波長。

另外參考圖7，在某些實施方案中，方法1000包含在與第三多工器310光學連接之一第四多工器320c (MUX)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第三經多工信號 S_{Dm+} ；與具有第一多工群組(TDM-PON)之一第五光學線路終端信號 S_{D1} 及具有第二多工群組(點對點)之一第六光學線路終端信號 S_{Dn} 。方法1000亦包含在與第三多工器310光學連接之一第五多工器320d處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：一第四經多工信號 S_{Um+} ；與具有第一多工群組(TDM-PON)之一第七光學線路終端信號 S_{U1} 及具有第二多工群組(點對點)之一第八光學線路終端信號 S_{Un} 。第五光學線路終端信號 S_{D2} 及第六光學線路終端信號 S_{Dn} 各自具有在一升級上游自由頻譜範圍FSR 1或FSR 2中之波長，且第七(TDM-PON)光學線路終端信號 S_{U1} 及第八光學線路終端信號 S_{Un} (點對點)各自具有在一升級下游自由頻譜範圍FSR 3或FSR 4中之波長。方法1000可進一步包含憑藉與第三多工器310 (BAND MUX)光學連接之一饋送器光纖20傳輸饋送器光學信號 S_{Ta} 。方法1000亦包含在與饋送器光纖20光學

連接之一AWG 200處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：饋送器光學信號 S_{Ta} 與光學網路單元信號 50_1 至 50_n 。每一光學網路單元信號 50_1 至 50_n 包含在舊型上游自由頻譜範圍FSR 1或FSR 2中之一舊型上游波長、在舊型下游自由頻譜範圍FSR 3或FSR 4中之一舊型下游波長、在升級上游自由頻譜範圍中之一升級上游波長及在升級下游自由頻譜範圍中之一升級第二下游波長。

已闡述若干個實施方案。不過，將理解，可在不背離本發明之精神及範疇之情況下做出各種修改。因此，其他實施方案亦在以下申請專利範圍之範疇內。舉例而言，申請專利範圍中所引用之動作可以一不同次序來執行且仍達成合意結果。

【符號說明】

10	被動光學網路
20	饋送器光纖/主幹光纖/光纖/光纖設備/光纖束/饋送器光纖 絞合線/粗光纖電纜/粗光纖/饋送器電纜
22	光纖/特定路徑/光纖設備/光纖束/饋送器光纖/饋送器光纖 絞合線
30	終端使用者/使用者端/使用者
40	中心局
42	視訊媒體散佈
44	網際網路資料
46	語音資料
50	收發器/光學收發器/光學線路終端/光學線路終端收發器
50a	光學線路終端/光學線路終端收發器

- 50aa 光學線路終端/舊型光學線路終端/第一光學線路終端
- 50ab 第二光學線路終端/第三光學線路終端
- 50an 光學線路終端/舊型光學線路終端/第二光學線路終端
- 50b 光學線路終端/光學線路終端收發器
- 50ba 光學線路終端
- 50bb 第一光學線路終端
- 50bn 光學線路終端/第二光學線路終端
- 50n 光學線路終端/光學線路終端收發器
- 52 光學波長雙工器/雙工器
- 60 光學網路單元/收發器
- 60a 光學網路單元/第一光學網路單元
- 60k 光學網路單元/第二光學網路單元
- 60n 光學網路單元
- 62 波長特定傳輸器/雙工器
- 64 帶通濾波器
- 65 可調諧傳輸器
- 66 接收器/可調諧接收器
- 70 遠端節點/被動遠端節點
- 72 功率分離器/光學功率分離器/分離器/光學分離器
- 74 波長分割多工頻帶多工濾波器
- 100 經更新時間波長分割多工光學被動網路架構/經升級時間
波長分割多工光學被動網路架構/時間波長分割多工光學
被動網路架構/網路/經升級時間波長分割多工光學被動網

- 路/光學網路/系統/時間波長分割多工網路/經升級時間波
長分割多工架構
- 200 波長多工器/波長解多工器/場陣列波導光柵路由器/陣列波
導光柵路由器/循環陣列波導光柵路由器/多循環陣列波導
光柵路由器/陣列波導光柵
- 200a 波長多工器
- 200b 波長解多工器
- 210 入口埠/輸入
- 210a 第一輸入/輸入
- 220 出口埠/輸出/埠/陣列波導光柵輸出
- 220a 埠/輸出/輸出埠/第一輸出/邊緣輸入埠
- 220b 埠/輸出/輸出埠/第二輸出
- 220c 埠/輸出/輸出埠/第三輸出
- 220d 埠/輸出/輸出埠/第四輸出
- 220m 埠/輸出/輸出埠
- 220n 埠/輸出/輸出埠
- 300 光學系統
- 310 多工器/頻帶多工器/第三多工器
- 312a 埠/第一埠
- 312b 埠/第二埠
- 312c 埠/第三埠
- 312d 埠/第四埠
- 320 多工器

320a	下游多工器/第一多工器
320b	解多工器/上游解多工器/第二多工器
320c	下游多工器/第四多工器
320d	解多工器/上游解多工器/第五多工器
330	第一放大器/摻餌光纖放大器
330a	第一信號增幅器/第一放大器
330b	第二信號增幅器/摻餌光纖放大器
340	信號前置放大器/信號放大器/摻餌光纖放大器/摻餌光纖放大器信號放大器/第二放大器
340a	第一信號前置放大器/第二放大器
340b	第二信號前置放大器/第二放大器/摻餌光纖放大器
B1	自由頻譜範圍/循環/第一自由頻譜範圍/上游自由頻譜範圍/較短波長頻帶
B2	自由頻譜範圍/循環/第二自由頻譜範圍/上游自由頻譜範圍/較短波長頻帶
B3	自由頻譜範圍/循環/第三自由頻譜範圍/下游自由頻譜範圍/較長波長頻帶
B4	自由頻譜範圍/循環/第四自由頻譜範圍/下游自由頻譜範圍/較長波長頻帶
P1	第一埠
P2	第二埠
P3	第三埠
Rx	接收器

S_{D1}	下游信號/信號/第一光學線路終端信號/第五光學線路終端信號
S_{D2}	下游信號/信號/第五光學線路終端信號
S_{DM}	下游信號/經多工下游信號/第一經多工信號/下游光學線路終端信號
S_{DM+}	第三經多工信號
S_{Dn}	下游信號/信號/第二光學線路終端信號/第六光學線路終端信號
S_{Ta}	饋送器光學信號
S_{U1}	上游信號/信號
S_{U2}	上游信號/信號
S_{UM}	上游信號/經多工上游信號/第二經多工信號/上游光學線路終端信號
S_{UM+}	第四經多工信號
S_{Un}	上游信號/信號/第三光學線路終端信號/第七光學線路終端信號
λ_1	波長/第一波長
λ_2	波長/第二波長
λ_3	波長/第三波長
λ_4	波長/第四波長
λ_5	波長/第一波長
λ_6	波長/第二波長
λ_7	波長/第三波長

λ_8	波長/第四波長
λ_9	波長/第一波長
λ_{10}	波長/第二波長
λ_{11}	波長/第三波長
λ_{12}	波長/第四波長
λ_{13}	波長/第一波長
λ_{14}	波長/第二波長
λ_{15}	波長/第三波長
λ_{16}	波長/第四波長



【發明摘要】

【中文發明名稱】

具有延展範圍及容量之時間波長分割被動網路

【英文發明名稱】

TWDM PASSIVE NETWORK WITH EXTENDED REACH AND CAPACITY

【中文】

一種通信系統(100)包含一第一多工器(320a)，該第一多工器將具有一第一多工群組之一第一光學線路終端信號(S_{D1})及具有一第二多工群組之一第二光學線路終端信號(S_{Dn})多工成一第一經多工信號(S_{DM})。該通信系統包含一第二多工器(320b)，該第二多工器將一第二經多工信號(S_{UM})解多工成具有該第一多工群組之一第三光學線路終端信號(S_{U1})及具有該第二多工群組之一第四光學線路終端信號(S_{Un})。此外，該通信系統包含與該第一多工器及該第二多工器光學連接之一第三多工器(310)，該第三多工器經組態以在一饋送器光學信號(S_{Ta})與該第一經多工信號及該第二經多工信號之間進行多工/解多工。該第一光學線路終端信號及該第二光學線路終端信號包含一舊型上游自由頻譜範圍，且該第三光學線路終端信號及該第四光學線路終端信號包含一舊型下游自由頻譜範圍。

【英文】

A communication system (100) includes a first multiplexer (320a) multiplexing a first optical line terminal signal (S_{D1}) having a first multiplexing group and a second optical line terminal signal (S_{Dn}) having a second multiplexing group into a first multiplexed signal (S_{DM}).

The communication system includes a second multiplexer (320b) demultiplexing a second multiplexed signal (S_{UM}) into a third optical line terminal signal (S_{U1}) having the first multiplexing group and a fourth optical line terminal signal (S_{Un}) having the second multiplexing group. Moreover, the communication system includes a third multiplexer (310) optically connected with the first and second multiplexers, the third multiplexer configured to multiplex/demultiplex between a feeder optical signal (S_{Ta}) and the first and second multiplexed signals. The first and second optical line terminal signals include a legacy upstream free spectral range, and the third and fourth optical line terminal signals include a legacy downstream free spectral range.

【指定代表圖】

圖5A

【代表圖之符號簡單說明】

- 40 中心局
- 50 收發器/光學收發器/光學線路終端/光學線路終端收發器
- 50aa 光學線路終端/舊型光學線路終端/第一光學線路終端
- 50ab 第二光學線路終端/第三光學線路終端
- 50an 光學線路終端/舊型光學線路終端/第二光學線路終端
- 60 光學網路單元/收發器
- 60a 光學網路單元/第一光學網路單元
- 60k 光學網路單元/第二光學網路單元

- 60n 光學網路單元
- 70 遠端節點/被動遠端節點
- 72 功率分離器/光學功率分離器/分離器/光學分離器
- 100 經升級時間波長分割多工光學被動網路架構/時間波長分割多工光學被動網路架構/網路/經升級時間波長分割多工光學被動網路/光學網路/系統/時間波長分割多工網路/經升級時間波長分割多工架構
- 210 入口埠/輸入
- 220 出口埠/輸出/埠/陣列波導光柵輸出
- 220a 埠/輸出/輸出埠/第一輸出/邊緣輸入埠
- 220b 埠/輸出/輸出埠/第二輸出
- 220m 埠/輸出/輸出埠
- 220n 埠/輸出/輸出埠
- 300 光學系統
- 310 多工器/頻帶多工器/第三多工器
- 320 多工器
- 320a 下游多工器/第一多工器
- 320b 解多工器/上游解多工器/第二多工器
- 330 第一放大器/摻餌光纖放大器
- 340 信號前置放大器/信號放大器/摻餌光纖放大器/摻餌光纖放大器信號放大器/第二放大器
- S_{D1} 下游信號/信號/第一光學線路終端信號/第五光學線路終端信號

S_{D2}	下游信號/信號/第五光學線路終端信號
S_{DM}	下游信號/經多工下游信號/第一經多工信號/下游光學線路終端信號
S_{Dn}	下游信號/信號/第二光學線路終端信號/第六光學線路終端信號
S_{Ta}	饋送器光學信號
S_{U1}	上游信號/信號
S_{U2}	上游信號/信號
S_{UM}	上游信號/經多工上游信號/第二經多工信號/上游光學線路終端信號
S_{Un}	上游信號/信號/第三光學線路終端信號/第七光學線路終端信號
λ_1	波長/第一波長
λ_2	波長/第二波長

【發明申請專利範圍】

【第1項】

一種通信系統(100)，其包括：

一第一多工器(320a)，其經組態以將具有一第一多工群組之一第一光學線路終端信號(S_{D1})及具有一第二多工群組之一第二光學線路終端信號(S_{Dn})多工成一第一經多工信號(S_{DM})；

一第二多工器(320b)，其經組態以將一第二經多工信號(S_{UM})解多工成具有該第一多工群組之一第三光學線路終端信號(S_{U1})及具有該第二多工群組之一第四光學線路終端信號(S_{Un})；及

一第三多工器(310)，其與該第一多工器(320a)及該第二多工器(320b)光學連接，該第三多工器(310)經組態以在一饋送器光學信號(S_{Ta})與該第一經多工信號(S_{DM})及該第二經多工信號(S_{UM})之間進行多工/解多工，

其中該第一光學線路終端信號(S_{D1})及該第二光學線路終端信號(S_{Dn})中之每一者包括在舊型下游自由頻譜範圍(FSR)中之一下游波長，且該第三光學線路終端信號(S_{U1})及該第四光學線路終端信號(S_{Un})中之每一者包括在舊型上游自由頻譜範圍(FSR)中之一上游波長。

【第2項】

如請求項1之系統(100)，其進一步包括以下各項中之至少一者：

一第一放大器(330，330a)，其與該第一多工器(320a)及該第三多工器(310)光學連接且經組態以光學放大該第一經多工信號(S_{DM})；或

一第二放大器(340，340a)，其與該第二多工器(320b)及該第三多

工器(310)光學連接且經組態以光學放大該第二經多工信號(S_{UM})。

【第3項】

如請求項1之系統(100)，其中該第一多工群組包括一時間分割多工被動光學網路(100)協定，且該第二多工群組包括一波長分割多工被動光學網路(100)協定，每一波長係一點對點鏈路。

【第4項】

如請求項1之系統(100)，其中該第一光學線路終端信號(S_{D1})及該第三光學線路終端信號(S_{U1})各自具有一第一協定，且該第二光學線路終端信號(S_{Dn})及該第四光學線路終端信號(S_{Un})各自具有不同於該第一協定之一第二協定。

【第5項】

如請求項1之系統(100)，其進一步包括：

一第一光學線路終端(50，50aa)，其具有與該第一多工器(320a)光學連接之一輸出及與該第二多工器(320b)光學連接之一輸入，該第一光學線路終端(50，50aa)傳輸該第一光學線路終端信號(S_{D1})且接收該第三光學線路終端信號(S_{U1})；及

一第二光學線路終端(50，50an)，其具有與該第一多工器(320a)光學連接之一輸出及與該第二多工器(320b)光學連接之一輸入，該第二光學線路終端(50，50an)傳輸該第二光學線路終端信號(S_{Dn})且接收該第四光學線路終端信號(S_{Un})。

【第6項】

如請求項1之系統(100)，其中：

該第一多工器(320a)進一步經組態以將一第五光學線路終端信號

(S_{D2})與該第一光學線路終端信號(S_{D1})及該第二光學線路終端信號(S_{Dn})一起多工成該第一經多工信號(S_{DM})，該第一光學線路終端信號(S_{D1})具有一第一協定，該第五光學線路終端信號(S_{D2})具有該第一多工群組及不同於該第一協定之一第二協定；且

該第二多工器(320b)進一步經組態以將該第二經多工信號(S_{UM})解多工成該第三光學線路終端信號(S_{U1})、該第四光學線路終端信號(S_{Un})及一第六光學線路終端信號(S_{U2})，該第六光學線路終端信號(S_{U2})具有該第一多工群組及該第二協定。

【第7項】

如請求項6之系統(100)，其進一步包括具有與該第一多工器(320a)光學連接之一輸出及與該第二多工器(320b)光學連接之一輸入的一第三光學線路終端(50，50ab)，該第三光學線路終端(50，50ab)傳輸該第五光學線路終端信號(S_{D2})且接收該第六光學線路終端信號(S_{U2})。

【第8項】

如請求項1之系統(100)，其進一步包括：

一饋送器光纖(20)，其與該第三多工器(310)光學連接且經配置以傳達該饋送器光學信號(S_{Ta})；及

一陣列波導光柵(200)，其與該饋送器光纖(20)光學連接且經組態以在該饋送器光學信號(S_{Ta})與若干光學網路(100)單元信號之間進行多工/解多工，每一光學網路(100)單元信號包括在該舊型上游自由頻譜範圍(FSR)中之一上游波長及在該舊型下游自由頻譜範圍(FSR)中之一下游波長。

【第9項】

如請求項1之系統(100)，其進一步包括：

一第四多工器(320c)，其與該第三多工器(310)光學連接且經組態以將具有該第一多工群組之一第五光學線路終端信號(S_{D1})及具有該第二多工群組之一第六光學線路終端信號(S_{DN})多工成一第三經多工信號(S_{Dm+})；及

一第五多工器(320d)，其與該第三多工器(310)光學連接且經組態以將一第四經多工信號(S_{UM+})解多工成具有該第一多工群組(TDM-PON)之一第七光學線路終端信號(S_{U1})及具有該第二多工群組之一第八光學線路終端信號(S_{Un})，

其中該第五光學線路終端信號(S_{D1})及該第六光學線路終端信號(S_{Dn})中之每一者包括在升級下游自由頻譜範圍(FSR)中之一下游波長，且該第七光學線路終端信號(S_{U1})及該第八光學線路終端信號(S_{Un})中之每一者包括在升級上游自由頻譜範圍(FSR)中之一上游波長。

【第10項】

如請求項9之系統(100)，其進一步包括：

一饋送器光纖(20)，其與該第三多工器(310)光學連接且經配置以傳達該饋送器光學信號(S_{Ta})；及

一陣列波導光柵(200)，其與該饋送器光纖(20)光學連接且經組態以在該饋送器光學信號(S_{Ta})與若干光學網路(100)單元信號之間進行多工/解多工，每一光學網路(100)單元信號包括在該舊型上游自由頻譜範圍(FSR)中之一舊型上游波長、在該舊型下游自由頻譜範圍(FSR)中之一舊型下游波長、在該升級上游自由頻譜範圍(FSR)中之

一升級上游波長及在該升級下游自由頻譜範圍(FSR)中之一升級第二下游波長。

【第11項】

如請求項9之系統(100)，其進一步包括以下各項中之至少一者：

一第一放大器(330a)，其與該第四多工器(320c)及該第三多工器(310)光學連接且經組態以光學放大該第三經多工信號(S_{Dm+})；或

一第二放大器(340b)，其與該第五多工器(320d)及該第三多工器(310)光學連接且經組態以光學放大該第四經多工信號(S_{Um+})。

【第12項】

如請求項11之系統(100)，其進一步包括：

一第一光學線路終端(50，50bb)，其具有與該第四多工器(320c)通信之一輸出及與該第五多工器(320d)通信之一輸入，該第一光學線路終端(50，50bb)傳輸該第五光學線路終端信號(S_{Dl})且接收該第七光學線路終端信號(S_{Ul})；及

一第二光學線路終端(50，50bn)，其具有與該第四多工器(320c)通信之一輸出及與該第五多工器(320d)通信之一輸入，該第二光學線路終端(50，50bn)傳輸該第六光學線路終端信號(S_{Dn})且接收該第八光學線路終端信號(S_{Un})。

【第13項】

一種方法(1000)，其包括：

在一第一多工器(320a)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

一第一經多工信號(S_{DM})；與

具有一第一多工群組之一第一光學線路終端信號(S_{D1})及具有一第二多工群組之一第二光學線路終端信號(S_{Dn})；

在一第二多工器(320b)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

一第二經多工信號(S_{UM})；與

具有該第一多工群組之一第三光學線路終端信號(S_{U1})及具有該第二多工群組之一第四光學線路終端信號(S_{Un})；及

在與該第一多工器(320a)及該第二多工器(320b)光學連接之一第三多工器(310)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

一饋送器光學信號(S_{Ta})；與

該第一經多工信號(S_{DM})及該第二經多工信號(S_{UM})，

其中該第一光學線路終端信號(S_{D1})及該第二光學線路終端信號(S_{Dn})中之每一者包括在舊型下游自由頻譜範圍(FSR)中之一波長，且該第三光學線路終端信號(S_{U1})及該第四光學線路終端信號(S_{Un})中之每一者包括在舊型上游自由頻譜範圍(FSR)中之一波長。

【第14項】

如請求項13之方法(1000)，其進一步包括：

在與該第一多工器(320a)及該第三多工器(310)光學連接之一第一放大器(330a)處放大該第一經多工信號(S_{DM})；或

在與該第二多工器(320b)及該第三多工器(310)光學連接之一第二放大器(340b)處放大該第二經多工信號(S_{UM})。

【第15項】

如請求項13之方法(1000)，其中該第一多工群組包括一時間分割多

工被動光學網路(100)協定且該第二多工群組包括一波長分割多工被動光學網路(100)協定，每一波長係一點對點鏈路。

【第16項】

如請求項13之方法(1000)，其中該第一光學線路終端信號(S_{D1})及該第三光學線路終端信號(S_{U1})各自具有一第一協定，且該第二光學線路終端信號(S_{Dn})及該第四光學線路終端信號(S_{Un})各自具有不同於該第一協定之一第二協定。

【第17項】

如請求項13之方法(1000)，其進一步包括：

在該第一多工器(320a)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

該第一經多工信號(S_{DM})；與

一第五光學線路終端信號(S_{D2})、該第一光學線路終端信號(S_{D1})及該第二光學線路終端信號(S_{Dn})，

其中該第一光學線路終端信號(S_{D1})具有一第一協定，且該第五光學線路終端信號(S_{D2})具有該第一多工群組及不同於該第一協定之一第二協定；及

在該第二多工器(320b)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

該第二經多工信號(S_{UM})；與

該第三光學線路終端信號(S_{U1})、該第四光學線路終端信號(S_{Un})及一第六光學線路終端信號(S_{U2})，

其中該第六光學線路終端信號(S_{U2})具有該第一多工群組及該第

二協定。

【第18項】

如請求項13之方法(1000)，其進一步包括：

憑藉與該第三多工器(310)光學連接之一饋送器光纖(20)傳輸該饋送器光學信號(S_{Ta})；及

在與該饋送器光纖(20)光學連接之一陣列波導光柵(200)處接收該饋送器光學信號(S_{Ta})與若干光學網路(100)單元信號且在該饋送器光學信號(S_{Ta})與若干光學網路(100)單元信號之間進行多工/解多工，每一光學網路(100)單元信號包括在該舊型上游自由頻譜範圍(FSR)中之一上游波長及在該舊型下游自由頻譜範圍(FSR)中之一下游波長。

【第19項】

如請求項13之方法(1000)，其進一步包括：

在與該第三多工器(310)光學連接之一第四多工器(320c)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

一第三經多工信號(S_{Dm+})；與

具有該第一多工群組之一第五光學線路終端信號(S_{D1})及具有該第二多工群組之一第六光學線路終端信號(S_{Dn})；及

在與該第三多工器(310)光學連接之一第五多工器(320d)處接收以下信號，且在以下信號之間進行多工/解多工：

一第四經多工信號(S_{Um+})；與

具有該第一多工群組之一第七光學線路終端信號(S_{U1})及具有該第二多工群組之一第八光學線路終端信號(S_{Un})，

其中該第五光學線路終端信號(S_{D1})及該第六光學線路終端信號

(S_{Dn})中之每一者包括在升級下游自由頻譜範圍(FSR)中之一下游波長，且該第七光學線路終端信號(S_{U1})及該第八光學線路終端信號(S_{Un})中之每一者包括在升級上游自由頻譜範圍(FSR)中之一上游波長。

【第20項】

如請求項19之方法(1000)，其進一步包括：

憑藉與該第三多工器(310)光學連接之一饋送器光纖(20)傳輸該饋送器光學信號(S_{Ta})；及

在與該饋送器光纖(20)光學連接之一陣列波導光柵(200)處接收該饋送器光學信號(S_{Ta})與若干光學網路(100)單元信號且在該饋送器光學信號(S_{Ta})與若干光學網路(100)單元信號之間進行多工/解多工，每一光學網路(100)單元信號包括在該舊型上游自由頻譜範圍(FSR)中之一舊型上游波長、在該舊型下游自由頻譜範圍(FSR)中之一舊型下游波長、在該升級上游自由頻譜範圍(FSR)中之一升級上游波長及在該升級下游自由頻譜範圍(FSR)中之一升級第二下游波長。

