



(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 I474669 B

(45) 公告日：中華民國 104 (2015) 年 02 月 21 日

(21) 申請案號：098135259 (22) 申請日：中華民國 98 (2009) 年 10 月 19 日

(51) Int. Cl. : **H04L12/24 (2006.01)** **H04L12/26 (2006.01)**

(30) 優先權：2008/10/21 美國 61/107,255
2009/10/14 美國 12/579,209

(71) 申請人：泰克那維斯股份有限公司 (美國) TEKNOVUS, INC. (US)
美國

(72) 發明人：李衛東 LI, WEIDONG RICK (US)；伍托維茲 傑羅斯洛 WOJTOWICZ, JAROSLAW
(CA)

(74) 代理人：莊志強

(56) 參考文獻：

US	2005/0158048A1	US	2007/0143645A1
WO	2004/056025A2	WO	2008/031328A1

審查人員：謝志偉

申請專利範圍項數：26 項 圖式數：12 共 43 頁

(54) 名稱

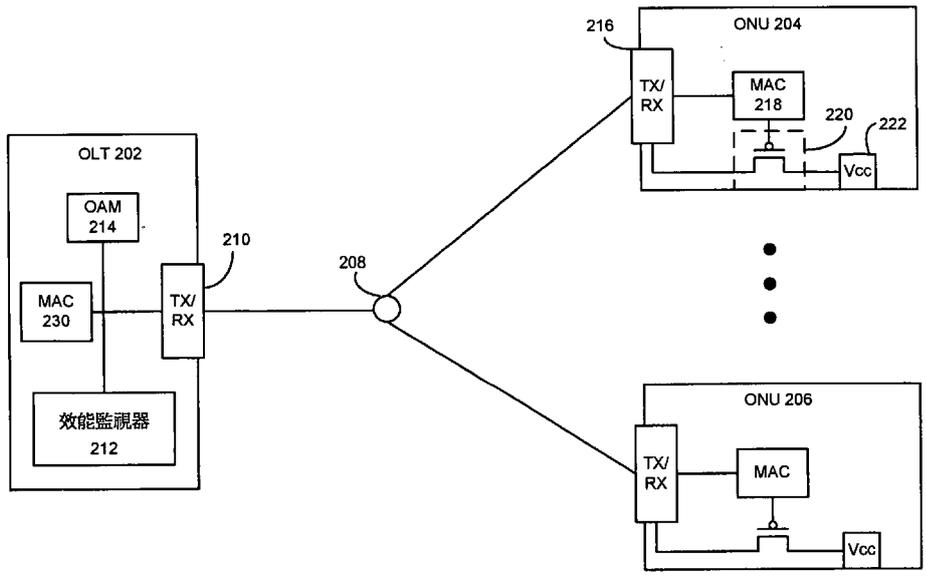
被動光纖網路中之效能監視

PERFORMANCE MONITORING IN PASSIVE OPTICAL NETWORKS

(57) 摘要

一實施例提供了一種用於被動光纖網路(PON)中之效能監視的系統。該系統包含一光纖線路終端(OLT)及一光纖網路單元(ONU)。該 OLT 包含組態被設定成將光信號傳輸到該 ONU 並自該 ONU 接收光信號之一光收發器、以及組態被設定成根據被接收的光信號而監視該 PON 的效能之一效能監視機構。

One embodiment provides a system for performance monitoring in a passive optic network (PON). The system includes an optical line terminal (OLT) and an optical network unit (ONU). The OLT includes an optical transceiver configured to transmit optical signals to and receive optical signals from the ONU, and a performance monitoring mechanism configured to monitor performance of the PON based on received optical signals.



200
第2圖

- 208 . . . 被動式光分岐器
- 200 . . . 乙太被動光纖網路
- 202 . . . 光纖線路終端
- 204,206 . . . 光纖網路單元
- 210,216 . . . 收發器
- 212 . . . 光纖網路單元效能監視機構
- 214 . . . 操作、執行、及管理模組
- 218,230 . . . 媒體存取控制模組
- 220 . . . 開關
- 222 . . . 電源

公告本**發明摘要**

※ 申請案號：98135259

※ 申請日：98.10.19

※IPC 分類：

H04L 12/24 (2006.01)

H04L 12/26 (2006.01)

【發明名稱】(中文/英文)

被動光纖網路中之效能監視

PERFORMANCE MONITORING IN PASSIVE OPTICAL NETWORKS

【中文】

一實施例提供了一種用於被動光纖網路(PON)中之效能監視的系統。該系統包含一光纖線路終端(OLT)及一光纖網路單元(ONU)。該 OLT 包含組態被設定成將光信號傳輸到該 ONU 並自該 ONU 接收光信號之一光收發器、以及組態被設定成根據被接收的光信號而監視該 PON 的效能之一效能監視機構。

【英文】

One embodiment provides a system for performance monitoring in a passive optic network (PON). The system includes an optical line terminal (OLT) and an optical network unit (ONU). The OLT includes an optical transceiver configured to transmit optical signals to and receive optical signals from the ONU, and a performance monitoring mechanism configured to monitor performance of the PON based on received optical signals.

【代表圖】

【本案指定代表圖】：圖 2。

【本代表圖之符號簡單說明】：

- 208 被動式光分歧器
- 200 乙太被動光纖網路
- 202 光纖線路終端
- 204,206 光纖網路單元
- 210,216 收發器
- 212 光纖網路單元效能監視機構
- 214 操作、執行、及管理模組
- 218,230 媒體接取控制模組
- 220 開關
- 222 電源

【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)

被動光纖網路中之效能監視

PERFORMANCE MONITORING IN PASSIVE OPTICAL NETWORKS

【技術領域】

本發明之揭示係大致有關一種被動光纖網路(Passive Optical Network；簡稱 PON)。更具體而言，本發明之揭示係有關 PON 中之效能監視。

【先前技術】

為了與愈來愈多的網際網路通訊齊步並進，網路業者已廣泛地部署了光纖及光纖傳輸設備，因而大幅增加了骨幹網路的容量。也需要接取網路(access network)容量之對應的增加，以便滿足其中包括網際網路協定(Internet Protocol；簡稱 IP)視訊、高速資料、及封包語音的三合一(triple play)服務的終端使用者之愈來愈大的頻寬需求。縱然已有諸如數位用戶線路(Digital Subscriber Line；簡稱 DSL)及纜線數據機(Cable Modem；簡稱 DM)等的寬頻解決方案，但是現有接取網路所提供的有限頻寬仍然於將大量寬頻提供給終端使用者時產生了嚴重的瓶頸。

在日不同的相互競爭之技術中，被動光纖網路(PON)是次世代接取網路的最佳候選者之一。由於光纖的大頻寬，所以 PON 可同時提供寬頻語音、資料、及視訊通訊。DSL 或 CM 技術難以提供此種整合式服務。此外，可以諸如乙太網路或非同步傳輸模式(ATM)等的現有通訊協定建構 PON，因而促進 PON 與其他網路設備間之可互通性(interoperability)。

通常係將 PON 用於網路的“第一哩”(“first mile”)，以便提供服務供應商的中心局與用戶端間之連線。該“第一哩”通常是

一種邏輯上單點對多點的網路，係由一中心局服務一些用戶。例如，PON 可採用樹狀拓撲，其中一幹線光纖將該中心局耦合到一被動式光分歧器/結合器(passive optical splitter/combiner)。經由一些分支光纖，該被動式光分歧器/結合器將下行光信號分割且分送到各用戶，並合併來自各用戶的上行光信號(請參閱第 1 圖)。請注意，其中包括環狀及網狀拓撲的其他拓撲也是可行的。

通常是在一光纖線路終端(Optical Line Terminal；簡稱 OLT)與一些光纖網路單元(Optical Network Unit；簡稱 ONU)之間執行一 PON 內的傳輸。OLT 通常設於中心局，且將光纖接取網路耦合到一都會骨幹網路，該都會骨幹網路可以是屬於諸如一網際網路服務供應商(Internet Service Provider；簡稱 ISP)或區域電信業者(local exchange carrier)的一外部網路。ONU 可被設置用戶住宅，且經由一用戶端設備(Customer-Premises Equipment；簡稱 CPE)而被耦合到該用戶自己的家庭網路。ONU 有時也被稱為光纖網路終端(Optical Network Terminal；簡稱 ONT)，用以作為 PON 的終端，並將用戶服務介面提供給使用者。在本發明之揭示中，術語“ONU”意指 ONU、ONT、或 PON 中之任何其他下行節點設備。

在乙太被動光纖網路(Ethernet PON；簡稱 EPON)之例子中，通訊可包括下行通訊及上行通訊。在下文之說明中，“下行”意指自一 OLT 至一或多個 ONU 的方向，且“上行”意指自一 ONU 至該 OLT 之方向。在下行方向中，因為 1xN 為了被動式光耦合器(optical coupler)的廣播本質，所以資料封包被該 OLT 廣播到所有的 ONU，且被其目標 ONU 選擇性地提取。此外，每一 ONU 被指定了一或多個邏輯鏈路識別碼(Logical Link Identifier；簡稱 LLID)，且 OLT 傳輸的資料封包通常指定目標 ONU 的一 LLID。如果資料封包是目標為所有 ONU 之一廣播封包，則該資料封包將指定一廣播 LLID。在上行方向中，該等 ONU 必須共用通道容量及資源，這是因為只有將該被動式光耦合器耦合到該 OLT 的一條

鏈路。

為了避免來自不同 ONU 的上行傳輸之碰撞，各 ONU 傳輸被仲裁。可將一傳輸窗(transmission window)(也被稱為頻寬分配(grant))分配給每一 ONU，而實現該仲裁。一 ONU 在其頻寬分配到來之前將遞延傳輸。可將被設置在媒體接取控制(Medium Access Control；簡稱 MAC)控制層之一多點控制協定(MultiPoint Control Protocol；簡稱 MPCP)用來將傳輸時槽指定給各 ONU。MPCP 將 REPORT(一種來自 ONU 的將該 ONU 的佇列資訊通知 OLT 之上行訊息)及 GATE(一種來自 OLT 的將頻寬分配給 ONU 之下行訊息)控制訊息用來要求及指定 EPON 上之傳輸機會。

第 1 圖示出其中包含一中心局以及經由光纖及一被動式光分歧器而被耦合的一些用戶之一被動光纖網路(先前技術)。一被動式光分歧器 102 及一些光纖將該等用戶耦合到一中心局 101。可串連多個分歧器，以便提供所需的分歧比率及較大的地理涵蓋。被動式光分歧器 102 可被設置在接近終端使用者的位置，以便將初始光纖部署成本最小化。中心局 101 可被耦合到諸如由一網際網路服務供應商(ISP)營運的一都會網路(metropolitan area network)等的一外部網路 103。雖然第 1 圖示出一樹狀拓撲，但是 PON 亦可基於諸如邏輯環或邏輯匯流排等的其他拓撲。請注意，雖然在本發明的揭示中，許多例子係基於 EPON，但是本發明之實施例不限於 EPON，且可將本發明之實施例應用於諸如非同步傳輸模式被動光纖網路(ATM PON；簡稱 APON)、超高速被動光纖網路(Gigabit PON；簡稱 GPON，係為使用通用框架協定(generic framing protocol)的變形之 PON)、以及波長分割多工(Wavelength Division Multiplexing；簡稱 WDM)PON 之各種 PON。

為了將低成本且高頻寬的可靠服務提供給用戶，PON 必須保有可靠且低成本的方法。PON 維護理想上應在不中斷服務的情形下提供對網路連線品質的前瞻且持續之監視，並執行對光收發模

組 (optical transceiver module)、以及光纖分配網路 (Optical Distribution Network；簡稱 ODN)光纖段及被動式分歧元件的常見故障之故障診斷。

【發明內容】

一實施例提供了一種用於被動光纖網路(PON)中之效能監視的系統。該系統包含一光纖線路終端(OLT)及一光纖網路單元(ONU)。該 OLT 包含組態被設定成將光信號傳輸到該 ONU 並自該 ONU 接收光信號之一光收發器、以及組態被設定成根據被接收的光信號而監視該 PON 的效能之一效能監視機構。

在該實施例之一變形中，該 ONU 包含被耦合到該 ONU 的傳輸器之一開關，且該開關之組態被設定成根據自該 OLT 接收的一指令而在電氣上切斷該 ONU 的傳輸器。在該實施例之一變形中，該效能監視機構包含組態被設定成監視自該 ONU 接收的信號的光功率之一光功率監視器。

在一進一步之變形中，該效能監視機構之組態被設定成：選擇用於效能監視之 ONU；將專用於效能監視之一邏輯鏈路識別碼指定給該 ONU；以及將具有一預定長度的一傳輸窗授予該邏輯鏈路識別碼。該邏輯鏈路識別碼無法被用於一般的資料傳輸。

在一進一步之變形中，該功率監視器之組態被設定成量測一抽樣期間內之光功率，且可使該抽樣期間任意地對準於一 ONU 傳輸窗之內。請注意，一抽樣期間小於最小的傳輸窗。換言之，可在載送最小乙太網路封包(64 位元組)的一傳輸窗中完成抽樣擷取。因此，可在一傳輸窗內之各種位置上配置該抽樣期間。

在一進一步之變形中，該抽樣期間的起始時間對準該 ONU 傳輸窗之開始處。

在一進一步之變形中，該抽樣期間的起始時間對準該 ONU 傳輸窗之終止處。

在該實施例之一變形中，該 ONU 包含一前向錯誤更正

(Forward Error Correction ; 簡稱 FEC)機構。

在一進一步之變形中，該效能監視機構之組態被設定成根據該 ONU 特定的 FEC 統計資料而監視該 ONU 的效能。

在一進一步之變形中，該 FEC 機構之組態被設定成產生可被用來提取該 ONU 特定的 FEC 統計資料之一獨立的位元序列。

在該實施例之一變形中，該效能監視機構之組態被進一步設定成根據諸如 8b/10b 線路編碼(line coding)錯誤等的線路編碼統計資料而監視該 ONU 效能。

【圖式簡單說明】

第 1 圖示出其中包含一被動光纖網路(PON)，其中係經由一些光纖及一被動式光分歧器而耦合一中心局以及一些用戶(先前技術)。

第 2 圖示出根據本發明的一實施例的一例示乙太被動光纖網路(EPON)之架構。

第 3 圖示出實施根據本發明的一實施例的一數位診斷監視介面(DMMI)啟用式小型化尺寸(SFF)或小型化尺寸可插拔(SFP)光收發器之一光功率監視系統。

第 4 圖是根據本發明的一實施例的除錯信號、選通脈衝起始信號、選通脈衝終止信號、及 RSSI_ACQ 信號的時間序列之一時序圖。

第 5 圖示出根據本發明的一實施例的抽樣選通脈衝之置放。

第 6 圖示出根據本發明的一實施例而將一 OLT 晶片連接到一嵌入式類比至數位轉換器(ADC)之一例示電路結構。

第 7 圖示出根據本發明的一實施例而實施基於位元錯誤比率(BER)的效能監視的一例示 EPON 之架構。

第 8 圖示出一 64B/66B 編碼區塊之格式(先前技術)。

第 9 圖示出根據本發明的一實施例的一被建構的 Reed-Solomon(255,223)碼區塊之格式。

第 10 圖示出根據本發明的一實施例的一 FEC 解碼器之一例示輸出。

第 11 圖示出根據本發明的一實施例而實施 FEC 之 EPON 下行資料傳輸。

第 12 圖是根據本發明的一實施例的故障偵測程序之一流程圖。

【實施方式】

提供了下文中之說明，使熟悉此項技術者能夠製作及使用各實施例，且係在一特定應用及其要求之環境下提供該說明。熟悉此項技術者將易於作出所揭示的該等實施例之各種修改，且可在不脫離本發明揭示的精神及範圍下，將本發明中界定的一般性原理應用於其他實施例及應用。因此，因此，本發明不限於所示之該等實施例，而是將符合與本說明書中揭示的原理及特徵一致之最廣義範圍。

概觀

本發明之實施例提供了一種用於 PON 中之效能監視的系統。在操作期間，該系統根據被接收的光信號而監視 PON 之效能。在某些實施例中，該系統監視被接收的光功率，而監視光收發器之效能。在進一步之實施例中，該系統採用基於位元錯誤比率 (Bit-Error-Rate；簡稱 BER) 之效能監視。

功率監視

為了減少操作費用，為了改善網路及服務可使用性，且為了將用戶的停機時間最小化，PON 最好是實施一效能監視及管理系統。PON 中之故障可包括網路故障(例如，路由協定的故障)、設備故障(例如，OLT 線路卡或 ONU 的故障)、光學組件故障(例如，光收發器的故障)、以及 ODN 故障(例如，光纖、連接器、及分歧器的故障)。可在應用層(例如，系統管理及控制軟體)及網路層(例如，傳輸控制協定/網際網路協定(TCP/IP)層實施效能監視，而偵

測及管理該等網路及設備故障。可在資料鏈路層(例如，EPON 媒體接取控制(MAC)層)及實體層(例如，光學層)上偵測及管理光學組件及 ODN 故障。

光監視(或光學層上之效能監視)提供了 PON 中之低成本的故障偵測方法。本發明之某些實施例提供了一種可偵測光收發器故障及 ODN 故障之光監視系統。可能因其中包括超出規格的收發器效能、雷射被“阻塞”、或收發器老化的許多原因而發生光收發器故障。例如，傳輸器(雷射)可能傳輸光功率比指定產品效能高或低的光信號，或者 ONU 的雷射可能在該特定 ONU 的非傳輸窗期間被“卡住”在打開狀態或洩漏功率，因而對其他的 ONU 產生有害的干擾。同樣地，當 ONU 的頻寬分配到來時，該 ONU 的雷射可能被“阻塞”且無法傳輸。在 ONU 被部署到用戶端之後，該 ONU 的雷射老化，且 ONU 在其接近使用期間終點時，該 ONU 的輸出功率可能降低。為了克服 ONU 收發器故障，通常需要更換故障的收發器。ODN 故障可包括諸如光纖被切斷或過度彎曲等的光纖故障、以及諸如光連接器或分歧器故障等的被動光學組件故障。光纖被切斷可能造成光功率的完全喪失，而彎曲的光纖或鬆弛的連接器可能造成較大的插入損耗(insertion loss)，因而可能造成被接收的光信號強度低於接收器的靈敏度。為了解決 ODN 故障所引發的問題，通常需要修理故障的組件。

本發明的某些實施例監視被接收的光功率，以便偵測收發器中之故障。請注意，必須監視 OLT 及 ONU 上的收發器。在一實施例中，同時監視 OLT 端及 ONU 端上的收發器。在另一實施例中，獨立地監視 OLT 端收發器及 ONU 端收發器。可在本地監視 OLT 端收發器；亦即，監視機構被設置在 OLT 上或接近 OLT 處。然而，因為 ONU 被設置在較接近用戶處，所以最好是能夠在遠端監視 ONU 端收發器。此外，在 PON 內的每一 ONU 上增添監視機構時，可能提高成本。在本發明之一實施例中，被設置在 OLT 上

的一單一功率監視機構監視自被耦合到該 OLT 的每一 ONU 接收之光功率，因而偵測下行 ONU 的可能傳輸故障。該系統除了偵測收發器故障之外，亦可執行故障診斷而決定哪一 ONU 是故障的單元。

第 2 圖示出根據本發明的一實施例的一例示 EPON 之架構。EPON 200 包含一 OLT 202、以及諸如 ONU 204 及 206 等的一些 ONU。ONU 204 及 206 係經由一被動式光分歧器 208 而被耦合到 OLT 202。

OLT 202 包含一收發器 210、一 ONU 效能監視機構 212、一操作、執行、及管理(Operations, Administration, and Management；簡稱 OAM)模組 214、以及一媒體接取控制(MAC)模組 230。收發器 210 將光信號傳輸到各下行 ONU，並自各下行 ONU 接收光信號。ONU 效能監視機構 212 監視各下行 ONU 之效能。在一實施例中，ONU 效能監視機構 212 監視自各下行 ONU 接收的光功率。OAM 模組 214 產生可被傳送到各下行 ONU 且可被用於故障診斷之操作、執行、及管理(OAM)訊息。

ONU 204 包含一收發器 216、一媒體接取控制(MAC)模組 218、一開關 220、以及一電源 222。收發器 216 將光信號傳輸到 OLT 202，且自 OLT 202 接收光信號。開關 220 被耦合到收發器 216，且開關 220 之組態被設定成：根據自 MAC 模組 218 接收的一控制信號而切斷光傳輸器之電源，因而在實體上關閉收發器 216 內之一雷射。在一實施例中，開關 220 包含一場效電晶體(Field Effect Transistor；簡稱 FET)，且該控制信號係自 MAC 模組 218 經由一個一般用途輸入/輸出(General-Purpose Input/Output；簡稱 GPIO)接腳而被傳送到該 FET 之閘極端。電源 222 將恆定的電力提供給開關 220。

在操作期間，OLT 端收發器 210 自 ONU 端收發器 216 接收上行光信號。ONU 效能監視機構 212 監視被接收的光信號，以便決

定 ONU 端收發器 216 之操作狀況。在某些情況下，ONU 效能監視機構 212 可能想要關閉 ONU 端收發器 216 內之一雷射。例如，ONU 效能監視機構 212 可能決定該雷射被“卡住”在打開狀態，且正在干擾其他 ONU 的上行傳輸。在可更換收發器 216 之前，必須關閉收發器 216。或者，ONU 效能監視機構 212 可能為了診斷之目的而想要關閉該雷射。為達到此一目的，ONU 效能監視機構 212 指示 OAM 模組 214 產生目標為 ONU 204 之一 OAM 訊息。ONU 端收發器 216 接收該 OAM 訊息，並將該 OAM 訊息傳送到 MAC 模組 218，MAC 模組 218 又控制開關 220，以便關閉收發器 216 內之一雷射。設有開關 220 時，將“實體上”關閉收發器 216 內之一雷射的能力提供給 OLT 202，這是一項重要的故障管理特徵。請注意，有時在供電給一收發器之接收器時，無法關閉該收發器之雷射。在一實施例中，ONU 204 包含一基於定時器之機構，因而收發器 216 可在一指定的時間期間終止之後又被打開。此種能力可為了診斷之目的而使收發器 216 在一指定的持續時間中在遠端被關閉。

EPON 上行傳輸的突爆(bursty)本質造成難以監視上行光功率，這是因為傳統的功率監視機制通常是連續模式功率監視導向而量測平均接收光功率。EPON 上的功率監視需要在特定邏輯鏈路的頻寬分配時間內之一些特定時間間隔上量測 ONU 突爆光功率位準、以及任何頻寬分配時間以外(亦即，各 ONU 傳輸之間的時間、或上行鏈路應處於閒置狀態且除了 ONU 洩漏之外沒有任何光功率的時間)的 ONU 光功率位準之能力。如果在理應為閒置的期間接收到充分的功率，則因而偵測到指示至少一 ONU 正在洩漏光功率之一故障狀況。可檢查進行功率量測的 LLID，或執行進一步的診斷程序，而決定發生故障狀況的該 ONU。量測上行突爆光功率位準時，需要快速抽樣及保持類比至數位轉換器(Analog-to-Digital Converter；簡稱 ADC)，該 ADC 可在短於最短 ONU 頻寬分配時間

(奈秒的時間內取得一樣本。此外，必須精確地控制該 ADC 的抽樣間隔之起始及終止時間，以便將樣本擷取時間正確地放置在單一上行突爆功率內，因而可量測來自一特定 ONU 雷射之功率。

在某些實施例中，該 OLT 及該等 ONU 中之光收發器可以是其中包含一嵌入式 ADC 及一數位診斷監視介面(Digital Diagnostic Monitoring Interface；簡稱 DDMI)之小型化尺寸(Small Form-Factor；簡稱 SFF)或小型化尺寸可插拔(Small Form-factor Pluggable；簡稱 SFP)收發器。在一實施例中，該 DDMI 符合小型化尺寸規格 8472(SFF-8472)。該 DDMI 可回報 SFF-8472 指定的一些效能監視統計資料，其中包括(但不限於)每一 ONU 在現用及閒置期間之接收器功率、傳輸器功率、傳輸器偏壓電流(通常是雷射的操作狀況之一指標)、溫度、以及供應電壓。這些量測值可協助診斷其中包括老化狀況、溫度效應、效能降低、及雷射故障之問題。

第 3 圖示出實施根據本發明的一實施例的一 DDMI 啟用式 SFF 或 SFP 光收發器之一光功率監視系統。光功率監視系統 300 包含一主機 302、一 OLT 304、以及一 ONU 306。OLT 304 包含一 DDMI 啟用式 SFP 光收發器 308 以及一 OLT 晶片 310。同樣地，ONU 306 包含一 DDMI 啟用式 SFP 光收發器 314 以及一 ONU 晶片 316。光收發器 308 包含一接收器 318、一傳輸器 320、一 ADC 322、以及一 DDMI 324。為了量測 ONU 306 的上行傳輸功率，OLT 晶片 310 提供一抽樣選通脈衝，用以觸發 ADC 322，以便取得形式為一數位值的 OLT 端接收器 318 所接收的功率之一樣本。在主機 302 上執行的軟體可設定該選通脈衝的起始及終止時間。該功率值係經由 DDMI 324 及一內部積體電路(Inter-Integrated Circuit；簡稱 I2C)匯流排 312 而被傳送到 OLT 晶片 310。主機 302 然後可經由一主機介面而自 OLT 304 擷取量測統計資料。在一實施例中，該主機軟體可包含一圖形使用者介面(Graphical User

Interface；簡稱 GUI)，用以讓網路業者設定 ADC 抽樣窗之長度及位置，並讀取量測結果。在進一步之實施例中，網路業者可選擇用於功率監視之一特定邏輯鏈路。該模式可被用於懷疑一特定 ONU 有潛在的故障之時。此外，網路業者可選擇以一種循環之方式執行對所有邏輯鏈路的監視，此種方式被用於正常網路狀況下之連續監視。

OLT 304 之韌體可將抽樣選通脈衝程式化，以便在每一邏輯鏈路之一被指定的頻寬分配期間執行觸發，而量測該特定邏輯鏈路之被接收的光功率。請注意，根據 IEEE 802.3ah 標準，ONU 可每隔 50 毫秒傳送至少一 MPCP REPORT 訊框。實際上，閒置的 ONU 至少在主機軟體為該邏輯鏈路在服務等級協議 (Service Level Agreement；簡稱 SLA) 中程式化的輪詢間隔 (通常大約為幾毫秒) 之頻度下進行傳輸。現用的 ONU 甚至更頻繁地傳輸。在一實施例中，OLT 韌體輪流量測自其中包括處於閒置期間之每一邏輯鏈路接收的光功率並將這些功率量測值以可被該主機擷取的統計資料之形式保存。在進一步之實施例中，OLT 韌體每一秒對一鏈路抽樣。請注意，當一 ONU 被指定有一個以上的 LLID 時，該 OLT 韌體將因所有這些 LLID 共用一單一光收發器而可只對該等邏輯鏈路中之一邏輯鏈路抽樣。諸如傳輸功率及溫度等的其他量測值與上行突爆傳輸不相關，因而可於任何時間在 OLT 304 上讀取這些其他量測值。

ONU 306 上的量測係類似於 OLT 304 上的那些量測，但是較簡單。當雷射被啟用時，ONU 306 量測現用光功率，且當雷射被停用時，ONU 306 量測閒置光功率。並不量測 ONU 上的每一邏輯鏈路之傳輸功率，這是因為在所有的情況中該傳輸功率屬於相同的實體雷射。可連續地取得下行傳輸中之被接收的光功率，因而可於任何時間在 ONU 306 上讀取該被接收的光功率。在一實施例中，為了降低 ONU 的成本，收發器 314 可能不包含該嵌入式 ADC

及該 DDMI。

為了設定 RSSI 抽樣選通脈衝的起始及終止時間，OLT 晶片 310 必須提供其中包括一除錯信號、一選通脈衝起始信號、以及一選通脈衝終止信號的三個輸出信號。一外部電路可將這三個 OLT 晶片輸出信號合併，以便產生將被傳送到該光收發器而用來界定抽樣間隔之脈波。該脈波叫做 RSSI_ACQ。該選通脈衝起始信號觸發該 RSSI_ACQ 信號的起始，且該選通脈衝終止信號觸發該 RSSI_ACQ 信號的終止。請注意，可在 MPCP 時間量(time quantum)(16 奈秒)的遞增量時操作所有的信號，而可得到 ADC 觸發及抽樣時間的極高精確度。第 4 圖是根據本發明的一實施例的除錯信號、選通脈衝起始信號、選通脈衝終止信號、及 RSSI_ACQ 信號的時間序列之一時序圖。

當被量測的鏈路有一現用頻寬分配時槽時，觸發該除錯信號。在一實施例中，該 OLT 韌體將該 OLT 晶片程式化，以便輪流觸發每一邏輯鏈路的除錯信號。為了量測閒置功率，在一實施例中，該 OLT 之組態被設定成將一頻寬分配給一“假” LLID，該“假” LLID 是不屬於該 PON 上的任何 ONU 之一 LLID。在該“假” LLID 的頻寬分配之時間間隔期間，沒有任何 ONU 進行傳輸，因而可量測閒置功率。

該主機軟體可設定該選通脈衝起始信號及該選通脈衝終止信號，以便在該頻寬分配時槽開始之後的一段時間中啟動。在一實施例中，該主機軟體可設定持續時間、極性、以及自該抽樣選通脈衝及選通脈衝終止信號的頻寬分配起始時間之偏移。該 ADC 在 RSSI_ACQ 信號的上升緣時開始抽樣，並在輸出之下降緣時鎖存平均值。可將該 RSSI_ACQ 信號移到頻寬分配內之任何位置，且可在該頻寬分配內移動該選通脈衝起始信號及該選通脈衝終止信號之位置，而將該 RSSI_ACQ 信號設定為任何長度。該 RSSI_ACQ 信號必須長到足以滿足 ADC 抽樣的要求。

在一實施例中，為了協助功率監視，該 OLT 之組態被設定成：產生功率監視專用的一 LLID，並將一固定長度的頻寬分配給該 LLID。在進一步之實施例中，將持續有 100 毫秒的一傳輸窗授予該監視 LLID。在一實施例中，不可將該監視 LLID 用於任何被登錄的 ONU 之一般資料傳輸。將具有足夠長度的傳輸窗分配給該功率監視 LLID 時，將保證足夠的 ADC 抽樣時間。該 OLT 之組態也被設定成以一種循環的方式將該功率監視 LLID 指定給每一耦合的 ONU。

一雷射的打開及關閉時間亦可指示該雷射之操作狀況。老化的雷射呈現不正常的長打開時間或關閉時間。較長的打開時間可能導致頻寬分配開始時減弱的接收功率，而較長的關閉時間可能導致兩個 ONU 的傳輸之間的有害之重疊。因此，重要的是能夠在 ONU 傳輸的上升緣及下降緣附近監視光功率。在本發明之一實施例中，可將抽樣選通脈衝(RSSI_ACQ 信號)精確地放置在與雷射傳輸的起始或終止時間有關的一位置上，因而可在該傳輸的開始及終止時進行功率監視。

第 5 圖示出根據本發明的一實施例的抽樣選通脈衝之置放。在時間 T_0 時，一 ONU 開始一傳輸 500，且在時間 T_1 時，雷射被關閉而終止傳輸 500。然而，由於有延長的下降緣，所以該 ONU 的雷射持續傳輸功率直到時間 T_1' 。該 OLT 可置放開始於 T_0 之一抽樣選通脈衝 504，以便量測該雷射在上升緣時之光功率。該 OLT 亦可使抽樣選通脈衝 504 對 T_0 偏移。為了在該雷射到達其全功率時量測光功率，可將一抽樣選通脈衝 506 置放在該雷射正以全功率傳輸時的位置上。為了量測雷射傳輸的下降緣，該 OLT 可將一抽樣選通脈衝 508 置放在開始於 T_1 。該 OLT 亦可使抽樣選通脈衝 508 對 T_1 偏移。由於能夠將一抽樣選通脈衝置放在與一雷射傳輸的起始或終止時間有關的一精確位置，所以在打開及關閉邊緣上診斷雷射異常之能力提供給該 OLT。

此外，將一抽樣選通脈衝置放在接近一傳輸的終止時間的一精確位置之能力使其能夠偵測各傳輸間之任何重疊。例如，來自傳輸 500 的光功率消失之前，另一 ONU 可能在時間 T_0' 時開始一傳輸 502，因而導致第 5 圖所示的傳輸 500 與 502 間之一重疊。

第 6 圖示出根據本發明的一實施例而將一 OLT 晶片連接到一嵌入式 ADC 之一例示電路結構。在第 6 圖中，OLT 晶片 600 包含用來分別耦合到 SFP 收發器 606 及 608 之通道 602 及 604，且因而能夠將兩個傳輸通道提供給一下行 PON。每一通道提供可被合併而產生 RSSI_ACQ 脈波之三個輸出信號。例如，通道 602 提供一選通脈衝起始信號 620、一除錯信號 622、以及一選通脈衝終止信號 624。選通脈衝起始信號 620 及除錯信號 622 被傳送到一"反及"邏輯閘 612。邏輯閘 612 之輸出及選通脈衝終止信號 624 被傳送到一正反器 610，分別作為設定及重定輸入。正反器 610 之輸出將一抽樣選通脈衝(RSSI_ACQ)信號 626 提供給 DDMI 啟用式 SFP 收發器 606。抽樣選通脈衝信號 626 觸發收發器 606 擷取被接收的功率之一樣本，作為 OLT 晶片 600 可經由一 I2C 匯流排 614 而自收發器 606 讀取的一數位值。除了提供諸如 I2C 匯流排 614 等的 I2C 匯流排之一介面，GPIO 介面 618 亦可提供一或有的回饋連接 616，該回饋連接 616 將與 RSSI_ACQ 信號 626 有關的回饋傳送回 OLT 晶片 600。該回饋將已收集到一樣本之訊息通知該 OLT 韌體，並協助保證所收集的統計資料是有效的。

基於位元錯誤比率(BER)之效能監視

除了光功率之外，亦可將 BER 統計資料用於效能監視，這是因為光學硬體老化及時序錯誤通常將導致位元錯誤，且可以數種方式偵測位元錯誤。在各 ONU 及邏輯鏈路中之 BER 的增加以及 BER 的不平常之型樣通常指示了雷射的問題。因為可以現有的系統組件收集 BER 統計資料，所以可在無須增添新組件之情形下執行基於 BER 的效能監視，因而不會有額外的硬體成本或硬體組態

重新設定。此外，可在現有的及擴充的網路中以及新的網路中部署基於 BER 的效能監視。

第 7 圖示出根據本發明的一實施例而實施基於 BER 的效能監視的一例示 EPON 之架構。EPON 700 包含一主機 702、包含一 OLT 晶片 706 之一 OLT 704、以及包含一 ONU 晶片 710 之一 ONU 708。OLT 晶片 706 與 ONU 晶片 710 通訊，且將 OLT 704 及 ONU 708 之與 BER 有關的統計資料經由一主機介面 712 而傳送到主機 702。

基於 BER 的效能監視可回報其中包括與光收發器有關的故障及網路故障之各種類型的錯誤。可收集其中包括 8B/10B 解碼錯誤統計資料及前向錯誤更正(FEC)之各種與 BER 有關的統計資料。根據錯誤發生在乙太網路訊框中之位置，數種錯誤統計資料可反映該等錯誤。例如，載有乙太網路訊框的前置碼(preamble)的 8B/10B 字組中之錯誤將被該前置碼中之循環冗餘查核(Cyclic Redundancy Check；簡稱 CRC)-8 欄位偵測到，且乙太網路訊框的主體中之錯誤將被該整個訊框中之 CRC-32 欄位偵測到。此外，在接收器端的線路碼解碼程序期間，乙太網路訊框的主體中之錯誤將導致“無效的碼組”訊息，且將被該訊息偵測到。

有時將使用 FEC，以便增強 EPON 的鏈路預算及 BER 效能。在本發明之一實施例中，當被接收的功率已降低到某一量時，將打開 FEC 功能。例如，當一 ONU 的傳輸功率由於一老化的雷射而降低時，可打開接收的 OLT 上之 FEC，以便保證該 ONU 的傳輸被正確地接收。如果該 ONU 的傳輸功率持續降低到即使 FEC 也無法保證正確接收之一點，則可能需要更換該 ONU 的雷射。沿著路徑的意外之插入損耗也可能造成較高的位元錯誤，因而進一步指示該 ONU 的雷射超出規格、或某些連接器的故障(例如，鬆弛的連接器)、或未對準的光纖段等的故障。

FEC 是一種可被用於資料傳輸之錯誤控制機制，該機制藉由傳輸器將冗餘資料加入其訊息，因而可讓接收器無須向該傳輸器

要求額外的資料之情形下偵測及(或)更正錯誤(在某些界限內)。為了實現錯誤監視，IEEE 標準 802.3 界定了可計算被更正的 FEC 區塊及未被更正的 FEC 區塊的數目之一些計數器。因為每一 ONU 接收所有的下行資料封包，所以一 ONU 內之 FEC 子層相應地接收並更正所有的下行資料封包。因此，該 ONU 只知道所有下行資料封包之被更正的及未被更正的 FEC 區塊之總數。為了實施基於 BER 的效能監視，最好是計數被傳送到上行方向的 OLT 端的每一個別 LLID 的資料封包內之被更正的錯誤之數目。

有實施諸如里德-所羅門(Reed-Solomon)、格雷(Golay)、漢明(Hamming)、及低密度同位元檢查碼(Low Density Parity Check；簡稱 LDPC)碼等的不同之錯誤更正碼之許多可能的 FEC 解決方案。本發明之一實施例將 Reed-Solomon(255,223)碼用於 10G RPON。另一實施例將 Reed-Solomon(255,239)碼用於 1G RPON。

Reed-Solomon 碼是區塊碼，此即意指一固定區塊的輸入資料被處理成一固定區塊的輸出資料。一 Reed-Solomon 碼被指定為具有 s 個位元符號之 $RS(n,k)$ 。此即意指編碼器每次取得 k 個由 s 個位元構成之資料符號，並加入同位元檢查符號，而產生一 n 個符號之碼區塊。每一碼區塊具有 $n-k$ 分別由 s 個位元構成之同位元檢查符號。

在係為一種最常用的 Reed-Solomon 碼的具有 8 位元符號的 Reed-Solomon(255,223)碼之情形中，223 個符號(每一符號之長度為 8 位元)的原始輸入資料被編碼為 255 的位元組之輸出碼區塊。換言之，Reed-Solomon(255,223)碼區塊包含兩部分：資料部分以及同位元檢查部分。前 223 個位元組是係為將要被保護而不被損毀的資訊之資料位元，且後續的 32 個位元組是根據該等資料位元而計算出的同位元檢查位元。

在建構 Reed-Solomon 碼區塊之前，必須加入 100 億位元 (10G)EPON 中使用之線路碼。為了實現直流平衡(DC balance)及有

界限的同位元檢查，10G EPON 將 64B/66B 線路碼用來將被傳輸的資料封包編碼。64B/66B 線路碼將 8 位元組(總共 64 位元)的資料及(或)控制碼編碼為 66 位元之一字碼(codeword)。第 8 圖示出一 64B/66B 編碼區塊之格式(先前技術)。64B/66B 編碼區塊 800 包含 8 位元組(S0-S7)的資料及(或)控制碼、以及 2 位元的同步標頭 802。視後續的 8 位元組(S0-S7)都是資料字組或混合了控制資訊而定，同步標頭 802 可具有“01”或“10”的值。在後一種情形中，接續在同步標頭 802 之後的位元組(S0)載有控制碼的類型資訊。請注意，“00”或“11”的同步標頭值被視為碼錯誤。

第 9 圖示出根據本發明的一實施例的一被建構的 Reed-Solomon(255,223)碼區塊之格式。Reed-Solomon(255,223)碼區塊 900 包含諸如區塊 902 等的長度為 66 位元的 64B/66B 區塊之 27 個區塊、以及一個 32 位元組的同位元檢查區塊 904。係根據該等 27 個 64B/66B 區塊而計算出 32 位元組的同位元檢查區塊 904。

在下行傳輸之情形中，在接收到將要被傳輸的資料封包之後，被設置在該 OLT 上的該 FEC 編碼器使用諸如 Reed-Solomon(255,223)碼等的被選擇之一錯誤更正碼將各資料封包編碼(建構 FEC 碼區塊)，然後將該等 FEC 碼區塊廣播到所有的下行 ONU。在一實施例中，該 OLT FEC 編碼器聚集 27 個 66 位元的區塊再加上 2 個填充位元(padding bit)及 32 位元組的同位元檢查資料，而建構一 FEC 碼區塊。

當一下行 ONU 接收到該等經過 FEC 編碼的資料封包時，被設置在該 ONU 上的 FEC 解碼器可使用一傳統的序列鎖定技術以建立 FEC 區塊同步。一旦完成了同步之後，該 FEC 解碼器嘗試識別傳輸錯誤的位置及大小，並更正該等傳輸錯誤，以便恢復原始的資料。添加的資訊(overhead)(冗餘)的百分率決定了可被識別及(或)更正的錯誤之數目。對於具有 8 位元符號的一 Reed-Solomon (255,223)碼而言，該解碼器可更正多達 16 個符號錯誤。當一符號

中之至少 1 位元是錯誤的時，將發生一符號錯誤。視錯誤的數目及分佈而定，該 FEC 解碼器能夠或無法偵測所有的符號錯誤。此外，對於所有被偵測的符號錯誤而言，某些符號錯誤可被該 FEC 解碼器更正，而其他的符號錯誤可能是無法修正的。藉由計數被該 FEC 解碼器偵測到的錯誤之數目，即可估計一傳輸鏈路的位元錯誤比率(BER)。

因為下行傳輸被廣播到所有 ONU，每一 ONU 先接收所有被傳輸的資料封包，然後將該等封包解密及過濾。因此，一 ONU 的該 FEC 解碼器將其中包含目標為不同 ONU 的資料封包之 FEC 碼區塊解碼，並回報每一 FEC 碼區塊的諸如符號錯誤總數等的對應之錯誤資訊。然而，自 ONU 的觀點而論，只有目標為其本身的資料封包才是有關的，且最好是可取得其中包括目標為特定 ONU 的資料封包的符號錯誤數目及位置之 FEC 統計資料。為了完成該工作，在本發明之一實施例中，該 FEC 解碼器不只是產生被恢復的資料，而且也產生用來標示被偵測到的符號錯誤的位置之一獨立的位元序列。在一進一步之實施例中，該獨立的位元序列也將被更正的符號錯誤與無法被更正的符號錯誤區分出來。

第 10 圖示出根據本發明之一實施例之一 FEC 解碼器之一例示輸出。該 FEC 解碼器輸出包含恢復的資料序列 1000 及其對應的符號錯誤位置位元序列 1020。恢復的資料序列 1000 包含諸如字碼 1002、1004、及 1006 等的一些長度為 66 位元之 64B/66B 字碼。每一字碼包含諸如符號 1008 及 1010 等的一些 8 位元符號。因為 64B/66B 字碼不是 8 的倍數，所以一符號可能跨越兩個 64B/66B 字碼的邊界。例如，符號 1012 跨越字碼 1002 及 1004 之邊界，且符號 1014 跨越字碼 1004 及 1006 之邊界。

因為係為被插入乙太網路訊框的各傳輸之間的閒置期間的封包間隙(Inter-Packet Gap；簡稱 IPG)之最小長度係如 IEEE 標準 802.3 規定而為 12 位元組，所以兩個相鄰的乙太網路訊框(封包)

必然隔離了至少一 64B/66B 字碼。例如，包含字碼 1002 的一部分之資料封包 1 與包含字碼 1006 的一部分之資料封包 2 隔離了一 IPG，該 IPG 包含字碼 1004、以及字碼 1002 及 1006 的一部分。自第 10 圖可看出：8 位元的符號不會跨越兩個資料封包之邊界，因而消除了兩個 ONU 間之錯誤計數的可能模稜兩可狀況。

為了追蹤該 FEC 解碼器偵測到的錯誤之位置，該 FEC 解碼器也產生一符號錯誤位置位元序列 1020。在一實施例中，位元序列 1020 對應於恢復的資料序列 1000 之一 8 位元符號。例如，位元 1022 及 1024 分別對應於符號 1008 及 1010。該 FEC 解碼器設定位元序列 1020 中之對應的位元，而標示恢復的資料序列 1000 中之被偵測到的錯誤之位置。例如，如果該 FEC 解碼器偵測到符號 1010 含有一錯誤，則該解碼器將位元 1024 設定為“1”，否則將位元 1024 設定為“0”。

在某些實施例中，該 FEC 解碼器可能想要區分已被更正的錯誤以及無法被更正的錯誤。為了執行該步驟，位元序列 1020 中之兩個位元對應於恢復的資料序列 1000 中之一個 8 位元符號。藉由將該等兩個位元設定為不同的值，該 FEC 解碼器即可將恢復的資料序列 1000 中之一符號標示為：“並非一錯誤”、“一被更正的錯誤”、或“一無法被更正的錯誤”。

在 FEC 解碼之後，符號錯誤位置位元序列 1020 被緩衝儲存，然後被傳送到諸如媒體接取控制(MAC)層等的較上層，以便連同恢復的資料序列 1000 而進行處理。在一實施例中，符號錯誤位置位元序列 1020 係經由平行於用來傳送恢復的資料序列 1000 的資料匯流排之一獨立的匯流排而被傳送到該 MAC 層。

根據每一資料封包中包含的 LLID 標記，該 ONU 的 MAC 層提取目標為該 ONU 之資料封包，並捨棄所有其他的封包。一旦識別了目標為一 ONU 的一資料封包之後，該系統可根據伴隨的符號錯誤位置位元序列而計數該資料封包內之錯誤數。因此，每一 ONU

能夠取得目標為其本身的資料封包之 FEC 統計資料(其中包括被 FEC 更正的錯誤以及無法被更正的錯誤)。根據該指定 ONU 的 FEC 統計資料，該系統能夠估計 BER，因而完成了指定 ONU 的鏈路效能監視工作。請注意，符號錯誤偶爾可能發生在目標兩個不同 ONU 的兩個資料封包間之 IPG 上。在一實施例中，該系統保持這些錯誤的個別之計數。

第 11 圖示出根據本發明的一實施例而實施 FEC 之 EPON 下行資料傳輸。一 OLT 1100 包含一媒體接取控制(MAC)模組 1102 及一 FEC 編碼器 1116。OLT MAC 模組 1102 產生諸如目標分別為 ONU 1110、1112、及 1114 之資料封包 1104、1106、及 1108 等的目標為不同的 ONU 之資料封包。在傳輸之前，OLT FEC 編碼器 1116 聚集資料封包 1104-1108，並將該等資料封包編碼為諸如 FEC 碼區塊 1118 等的一些 FEC 碼區塊。

各 FEC 碼區塊被廣播到其中包括 ONU 1110-1114 的所有下行 ONU。每一 ONU 包含一 FEC 解碼器及一 MAC 模組。例如，ONU 1110 包含一 FEC 解碼器 1120 以及一 MAC 模組 1122。FEC 解碼器 1120 接收 FEC 碼區塊，並將所有被接收的 FEC 碼區塊解碼，以便產生一恢復的資料序列 1124 以及一伴隨的符號錯誤位置位元序列 1126。FEC 解碼器 1120 將恢復的資料序列 1124 及符號錯誤位置位元序列 1126 經由一平行匯流排傳送到 ONU MAC 模組 1122。根據每一資料封包中包含的 LLID 標記，ONU MAC 模組 1122 可選擇目標為 ONU 1110 之資料封包 1128。於此同時，亦可過濾掉該符號錯誤位置位元序列內對應於資料封包 1128 內的符號之各位元，而形成一位元序列 1130。位元序列 1130 提供資料封包 1128 之 FEC 錯誤資訊(其中包括被更正的及無法被更正的錯誤)，且位元序列 1130 可被用於基於每一 ONU 之效能監視。

除了 FEC 統計資料之外，亦可將其他類型的錯誤統計資料用於效能監視。例如，當 FEC 被停用時，亦可將線路編碼(例如，8b/10b

編碼)錯誤統計資料用於效能監視。

例子

可獨立地使用或可合併基於功率監視及基於 BER 的效能監視，以便偵測及診斷 PON 中之故障。過量的 BER 通常指示其中包括光收發器及 ODN 的下層實體層中之潛在故障的早期階段。可將功率監視用來進一步確認及隔離該問題。例如，可決定：該問題是間歇性的或持續性的，該問題是 OLT 或 ONU 中之光收發器故障造成的，以及是否由 ODN 中之故障造成該問題。提供了下文中之故障偵測例子，以便更清楚地說明效能監視系統。

在一例子中，ONU 的傳輸器中之一傳輸器被“卡住”在打開狀態，此即意指該傳輸器縱然在並未將任何頻寬分配提供給該 ONU 的情形下也持續傳輸功率。為了在 PON 介面上偵測此種狀況正在發生，該系統首先決定於閒置期間所量測的 OLT 接收功率是否高於諸如信號偵測(Signal Detect；簡稱 SD)觸發功率位準(大約為-29 分貝)等的一預定臨界值。閒置期間的過量接收功率可能是某一 ONU 雷射被“卡住”在打開狀態之一明顯指標。此外，該系統可決定是否有鏈路無法登錄或某些鏈路上是否有高 BER，這些狀況可能是由某一 ONU 雷射被“卡住”在打開狀態所造成。在該系統決定某一 ONU 雷射被“卡住”在打開狀態是該故障的原因之後，該系統必須執行故障診斷，而決定哪一 ONU 是故障的單元。該系統可檢查所有鏈路的 BER 統計資料，並找出沒有 BER 或有低 BER 的 ONU，該對應的 ONU 是被懷疑的故障單元。為了進一步確認，該系統可傳送用來切斷該 ONU 之傳輸器的開關之一 OAM 訊息，而在實體上關閉該傳輸器，並觀測所有其他的鏈路在該 ONU 之傳輸器被關閉之後是否恢復。

在一例子中，ONU 的傳輸器中之一傳輸器正在洩漏功率。為了偵測此種狀況，該系統檢查被量測的功率大於一洩漏臨界值的該 ONU 的傳輸之時戳(timestamp)，並根據該傳輸時戳而決定該傳

輸是否在該 ONU 的一頻寬分配窗內。

在一例子中，一 ONU 有一不穩定的雷射。為了偵測該不穩定的雷射，該系統持續地量測該 ONU 的傳輸功率，並計算該傳輸功率的移動平均值。此外，該系統自該移動平均值計算被量測的功率之最大偏差。如果該偏差在一預定範圍之外，則該 ONU 雷射是不穩定的。

在一實施例中，一 ONU 的雷射老化了。為了偵測該問題，該系統持續地量測該雷射的偏壓電流，並將該量測結果與該雷射的規格比較，以便決定是否發生了老化。在一實施例中，該 OLT 維護其中包含每一被耦合的 ONU 的起始接收功率值之一表，並將一目前被量測的接收功率與該等被儲存的值比較。老化的雷射通常隨著時間的經過而呈現較低的功率。

在一實施例中，該 ONU 的接收器之效能降低了。為了偵測該問題，該系統持續量測該 ONU 的接收功率。此外，該系統計算係為該 OLT 的傳輸功率與該 ONU 的接收功率間之差異的鏈路損耗，並將該鏈路損耗與鏈路預算比較。如果該損耗是在該鏈路預算之內，則該系統檢查該 ONU 的基於下行傳輸 FEC 之 BER，並決定該 BER 是否高於一預定臨界值。如果確係如此，則該 ONU 的接收器之靈敏度降低了。

在一實施例中，該 PON 正經歷過量的 ODN 鏈路損耗。為了偵測該問題，該系統針對所有鏈路而持續量測 OLT 之接收功率及 ONU 之傳輸功率。此外，該系統計算即時鏈路損耗，並將該即時鏈路損耗與該鏈路預算比較。彎曲的光纖或鬆弛的連接器可能造成過量的 ODN 損耗。可將一匹配的 PON-ODN 拓撲用來交叉映射 (cross map) 故障的組件。

在一實施例中，該系統偵測過量的 BER。為了決定過量 BER 之原因，該系統執行一系列的測試。第 12 圖是根據本發明的一實施例的故障偵測程序之一流程圖。在操作期間，在操作 1200 中，

該系統決定為每一 LLID 量測的 BER 是否大於一預定臨界值。如果並非如此，則該系統在操作 1202 中回報並未發現問題。如果確係如此，則該系統在操作 1204 中決定每一 LLID 之鏈路損耗是否小於一預定鏈路預算。如果並非如此，則該系統在操作 1206 中回報並未發現問題。如果確係如此，則該系統執行一系列的平行測試。該系統在操作 1208 中讀取該等 ONU 之傳輸功率，以便決定該等 ONU 中之一 ONU 的傳輸功率是否太小。在操作 1210 中，該系統檢查一子集的 LLID 是否正在回報較高的 BER，並將該結果與網路拓撲比對，以便找出潛在的 ODN 故障。在操作 1212 中，該系統決定任何收發器的效能是否由於老化而降低。在操作 1214 中，該系統也檢查 ONU 的距離，以便決定任何 ONU 是否被設置在太遠之處。

該實施方式中述及的資料結構及碼通常被儲存在一電腦可讀取的儲存媒體，該電腦可讀取的儲存媒體可以是可儲存電腦系統使用的碼及(或)資料之任何裝置或媒體。該電腦可讀取的儲存媒體包括(但不限於)揮發性記憶體、非揮發性記憶體、諸如磁碟機、磁帶、光碟(Compact-Disc；簡稱 CD)、數位多功能光碟或數位視訊光碟(Digital Versatile Disc or Digital Video Disc；簡稱 DVD)等的磁性及光學儲存裝置、或現在已知的或未來被開發的能夠儲存電腦可讀取的資料之其他媒體。

可將實施方式中述及的該等方法及程序實施為碼及(或)資料，且該碼及(或)資料可被儲存在前文所述之電腦可讀取的儲存媒體中。當一電腦系統讀取並執行該電腦可讀取的儲存媒體中儲存的該碼及(或)資料時，該電腦系統執行被實施為資料結構及碼且被儲存在該電腦可讀取的儲存媒體內之該等方法及程序。

此外，前文所述之該等方法及程序可被包在一些硬體模組中。例如，該等硬體模組可包括(但不限於)特定應用積體電路(Application-Specific Integrated Circuit；簡稱 ASIC)晶片、客戶端

可程式閘陣列(Field-Programmable Gate Array；簡稱 FPGA)、以及現在已知的或未來被開發的其他可程式之邏輯裝置。當該等硬體模組被啟動時，該等硬體模組執行被包含在該等硬體模組內之該等方法及程序。

只是為了例示及說明之用途而提供了前文中對各實施例之說明。該等說明將不具有耗盡性，也不將本發明限制於所揭示的該等形式。因此，熟悉此項技術者將可易於作出許多修改及變化。此外，前文之揭示的用意並非在限制本發明。

【符號說明】

102,208	被動式光分歧器
101	中心局
103	外部網路
200,700	乙太被動光纖網路
202,304,704,1100	光纖線路終端
204,206,306,708,1110,1112,1114	光纖網路單元
210,216	收發器
212	光纖網路單元效能監視機構
214	操作、執行、及管理模組
218,230,1102,1122	媒體接取控制模組
220	開關
222	電源
300	光功率監視系統
302,702	主機

308,314	數位診斷監視介面啟用式小型 化尺寸可插拔光收發器
310,600,706	光纖線路終端晶片
316,710	光纖網路單元晶片
318	接收器
320	傳輸器
322	類比至數位轉換器
324	數位診斷監視介面
312	內部積體電路匯流排
500	傳輸
504,506,508	抽樣選通脈衝
606,608	小型化尺寸可插拔收發器
602,604	通道
620	選通脈衝起始信號
622	除錯信號
624	選通脈衝終止信號
612	"反及"邏輯閘
610	正反器
626	抽樣選通脈衝信號
614	內部積體電路匯流排
618	GPIO 介面
616	回饋連接

712	主機介面
800	64B/66B 編碼區塊
802	同步標頭
900	Reed-Solomon(255,223)碼區塊
902	區塊
904	同位元檢查區塊
1000,1124	恢復的資料序列
1020,1126	符號錯誤位置位元序列
1002,1004,1006	字碼
1008,1010,1012,1014	符號
1022,1024	位元
1116	前向錯誤更正編碼器
1104,1106,1108,1128	資料封包
1118	前向錯誤更正碼區塊
1120	FEC 解碼器
1130	位元序列

申請專利範圍

1. 一種用於被動光纖網路(PON)中之效能監視的系統，包含：
複數個光纖網路單元(ONUs)；以及
經由一被動式光分歧器而被耦合到該複數個 ONUs 之一光纖線路終端(OLT)，該 OLT 包含：
組態被設定成將光信號傳輸到該複數個 ONUs 並自該複數個 ONUs 接收光信號之一光收發器；以及
一效能監視機構，用以：
產生邏輯鏈路識別碼，指定給該複數個 ONUs 中的每一個，該邏輯鏈路識別碼無法被用於一般的資料傳輸；
將具有一預定長度的一傳輸窗授予該邏輯鏈路識別碼；以及
量測由該複數個被指定有該邏輯鏈路識別碼之該複數個 ONUs 中之一個所接收的光信號，以監視該 PON 的效能。
2. 如申請專利範圍第 1 項之系統，其中該被指定有該邏輯鏈路識別碼之該複數個 ONUs 包含：
一傳輸器；以及
一開關，被耦合到該傳輸器，以根據自該 OLT 接收的一指令而在電氣上切斷該傳輸器。
3. 如申請專利範圍第 1 項之系統，其中該效能監視機構包含：
一光功率監視器，用以量測由該複數個被指定有該邏輯鏈路識別碼之該複數個 ONUs 中之一個所接收之信號的光功率。
4. 如申請專利範圍第 3 項之系統，其中該光功率監視器之組態被設定成量測一抽樣期間內之該光功率，且其中可使該抽樣期間任意地對準於該傳輸窗之內。
5. 如申請專利範圍第 4 項之系統，其中該抽樣期間的起始時間對準該傳輸窗之一開始處。
6. 如申請專利範圍第 4 項之系統，其中該抽樣期間的起始時間

對準該傳輸窗之終止處。

7.如申請專利範圍第 1 項之系統，其中該 ONU 包含一前向錯誤更正(FEC)機構。

8.如申請專利範圍第 7 項之系統，其中該效能監視機構更進一步用以根據該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 特有的 FEC 統計資料而監視該 ONU 的效能。

9.如申請專利範圍第 8 項之系統，其中該效能監視機構用以產生可被用來提取該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 特有的 FEC 統計資料之一獨立的位元序列。

10.如申請專利範圍第 1 項之系統，其中該效能監視機構進一步用以根據線路編碼統計資料而監視該效能。

11.一種用於被動光纖網路(PON)中之效能監視的方法，包含：
藉由一光纖線路終端(OLT)，從複數個 ONUs 中選擇用於效能監視之一光纖網路單元(ONU)；

藉由該 OLT，將專用於效能監視之一邏輯鏈路識別碼指定給該 ONU，其中，被指定給該複數個 ONUs 中之每一個的邏輯鏈路識別碼係用於效能監視，而不被用於一般資料傳輸；

將具有一預定長度的一傳輸窗授予該邏輯鏈路識別碼；
監視該傳輸窗內自該 ONU 接收的信號之光功率；以及
重複地進行該選擇、指定、授予和監視該複數個 ONUs 中之每一個，藉由指定該邏輯鏈路識別碼給該複數個 ONUs 中之每一個，以一種循環之方式執行對所有邏輯鏈路的監視。

12.如申請專利範圍第 11 項之方法，其中，監視該傳輸窗內自該 ONU 接收的信號之光功率的步驟包含：

在被任意地對準於該 ONU 傳輸窗之內的一抽樣期間內監視該信號之該光功率。

13.如申請專利範圍第 12 項之方法，其中，監視該傳輸窗內自該 ONU 接收的信號之光功率的步驟包含：

於該抽樣期間的起始時間對準該傳輸窗之開始處，監視該信號起始時的光功率。

14.如申請專利範圍第 13 項之方法，其中，監視該傳輸窗內自該 ONU 接收的信號之光功率的步驟包含：

於該抽樣期間的起始時間對準該 ONU 傳輸窗之終止處，監視該信號起始時的光功率。

15.如申請專利範圍第 12 項之方法，進一步包含：

對該 ONU 接收的該光信號執行前向錯誤更正(FEC)；

取得該 ONU 特有的 FEC 統計資料；以及

根據該 FEC 統計資料而決定該 ONU 的效能。

16.如申請專利範圍第 15 項之方法，進一步包含：

產生可被用來提取該 FEC 統計資料之一獨立的位元序列。

17.如申請專利範圍第 12 項之方法，進一步包含：監視線路編碼錯誤統計資料，因而促進效能監視。

18.一種用於促進被動光纖網路(PON)中之效能監視的光纖線路終端(OLT)，包含：

組態被設定成將光信號傳輸到被耦合到該 OLT 的複數個光纖網路單元(ONUs)並自該複數個 ONU 接收光信號之一光收發器；以及

一效能監視機構，用以：

產生邏輯鏈路識別碼，藉由該複數個 ONUs 中的每一個以進行效能監視，該邏輯鏈路識別碼無法被用於一般的資料傳輸；

以一種循環之方式指定該邏輯鏈路識別碼給該複數個 ONUs 以執行對 PON 的效能監視；以及

量測由被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 所接收而來的光信號以執行對該 PON 的效能監視。

19.如申請專利範圍第 18 項之 OLT，進一步包含組態被設定成將一訊息傳送以指示該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 在電氣

上切斷其傳輸器之一訊息傳送機構。

20.如申請專利範圍第 18 項之 OLT，其中該效能監視機構用以量測自該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 接收的光信號的光功率之一光功率監視器。

21.如申請專利範圍第 20 項之 OLT，其中該功率監視器之組態被設定成量測一抽樣期間內之光功率，且其中可使該抽樣期間任意地對準於被授予該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 的一傳輸窗之內。

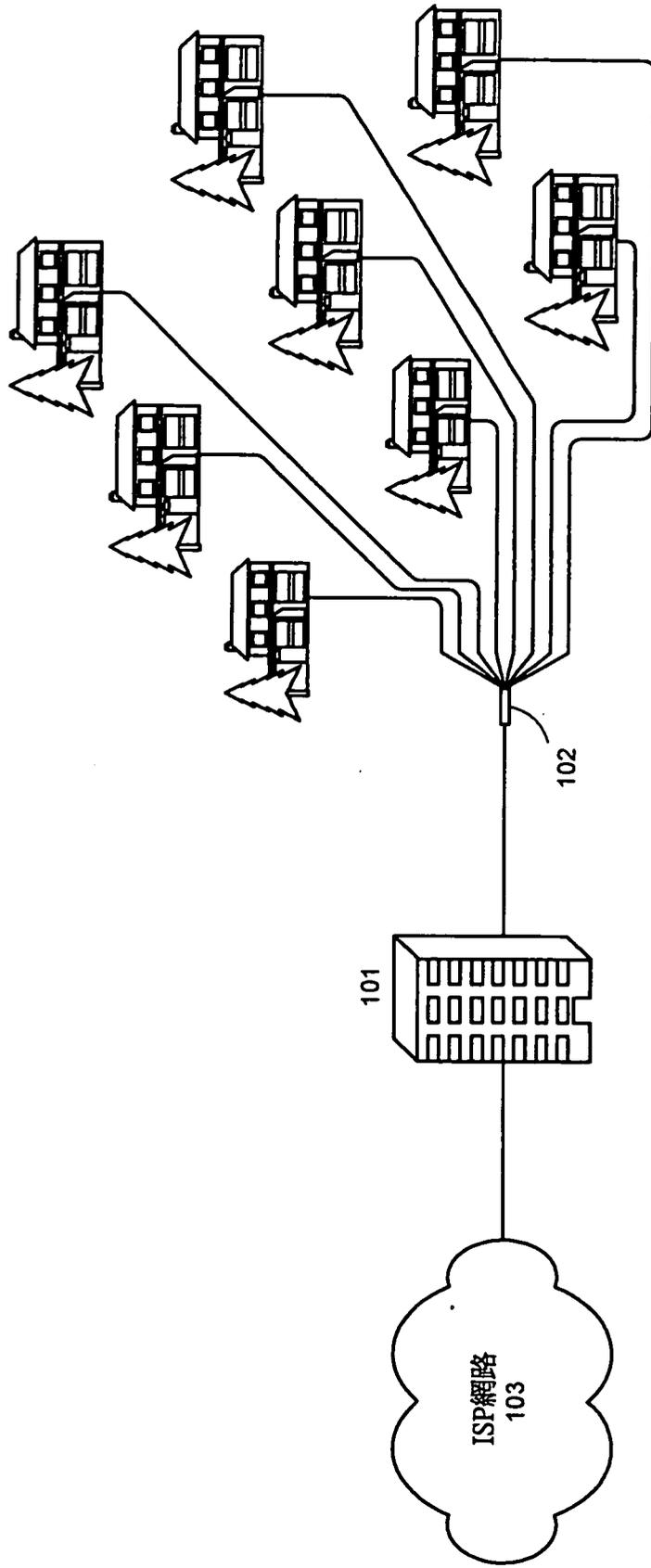
22.如申請專利範圍第 21 項之 OLT，其中該抽樣期間的起始時間對準該傳輸窗之開始處。

23.如申請專利範圍第 21 項之 OLT，其中該抽樣期間的起始時間對準該傳輸窗之終止處。

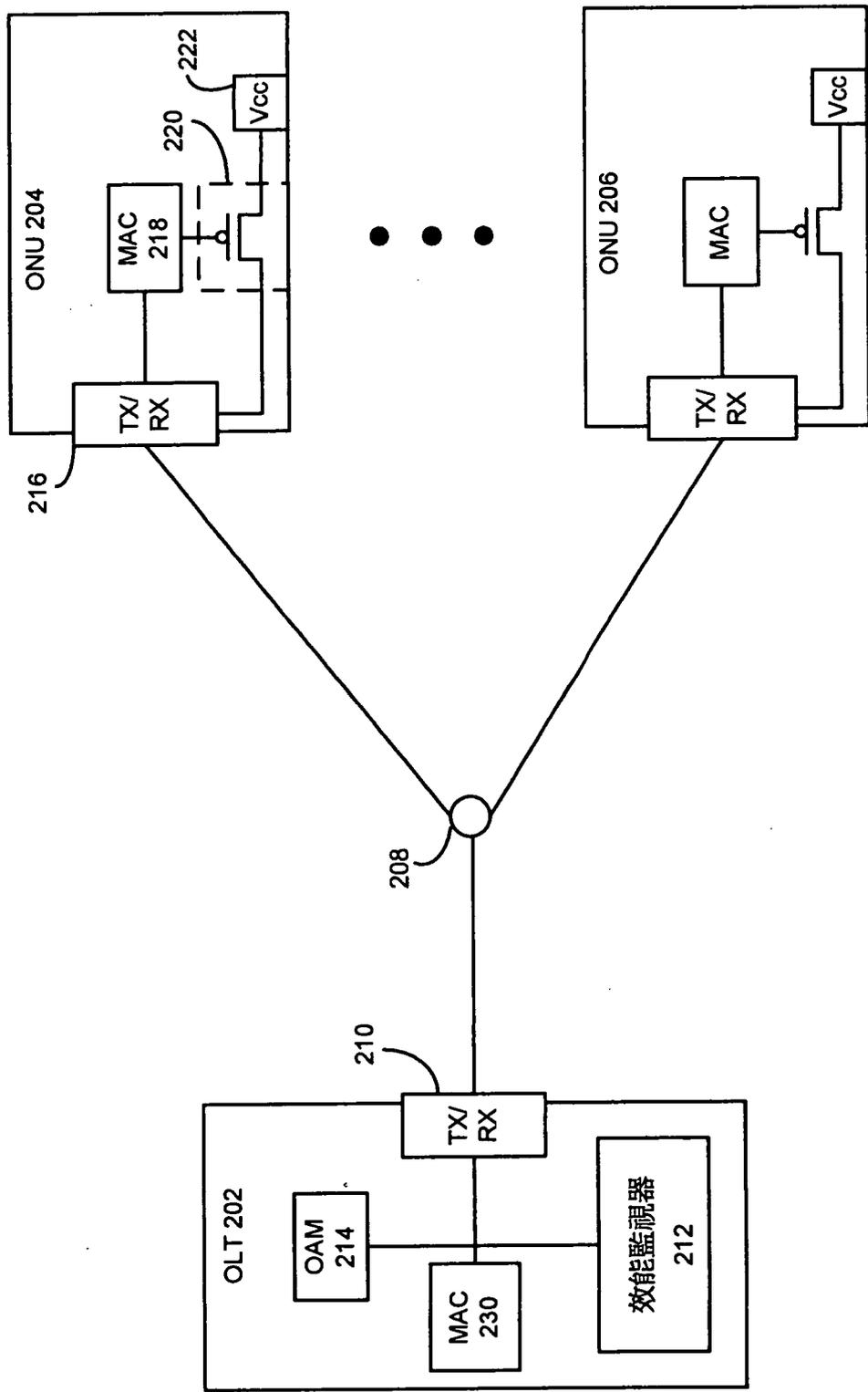
24.如申請專利範圍第 18 項之 OLT，其中該效能監視機構之組態被進一步設定成根據該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 特有的前向錯誤更正(FEC)統計資料而監視該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 的效能。

25.如申請專利範圍第 24 項之 OLT，其中，該效能監視機構進一步用以在該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 上的一 FEC 機構產生的一獨立的位元序列提取該等 FEC 統計資料。

26.如申請專利範圍第 20 項之 OLT，其中該效能監視機構之組態被進一步設定成根據線路編碼統計資料而監視該被指定有該邏輯鏈路識別碼之 ONU 效能。

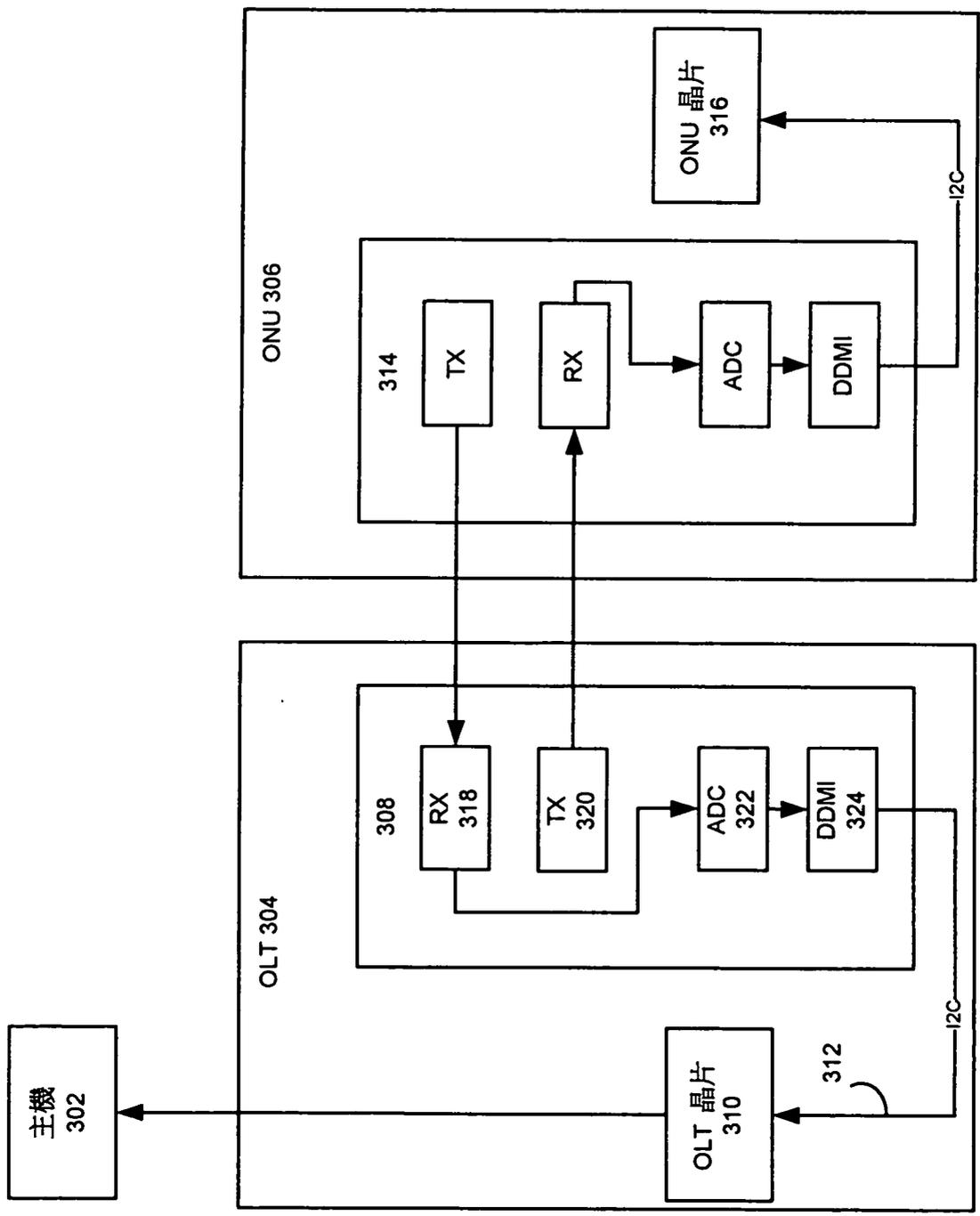


第 1 圖
(先前技術)



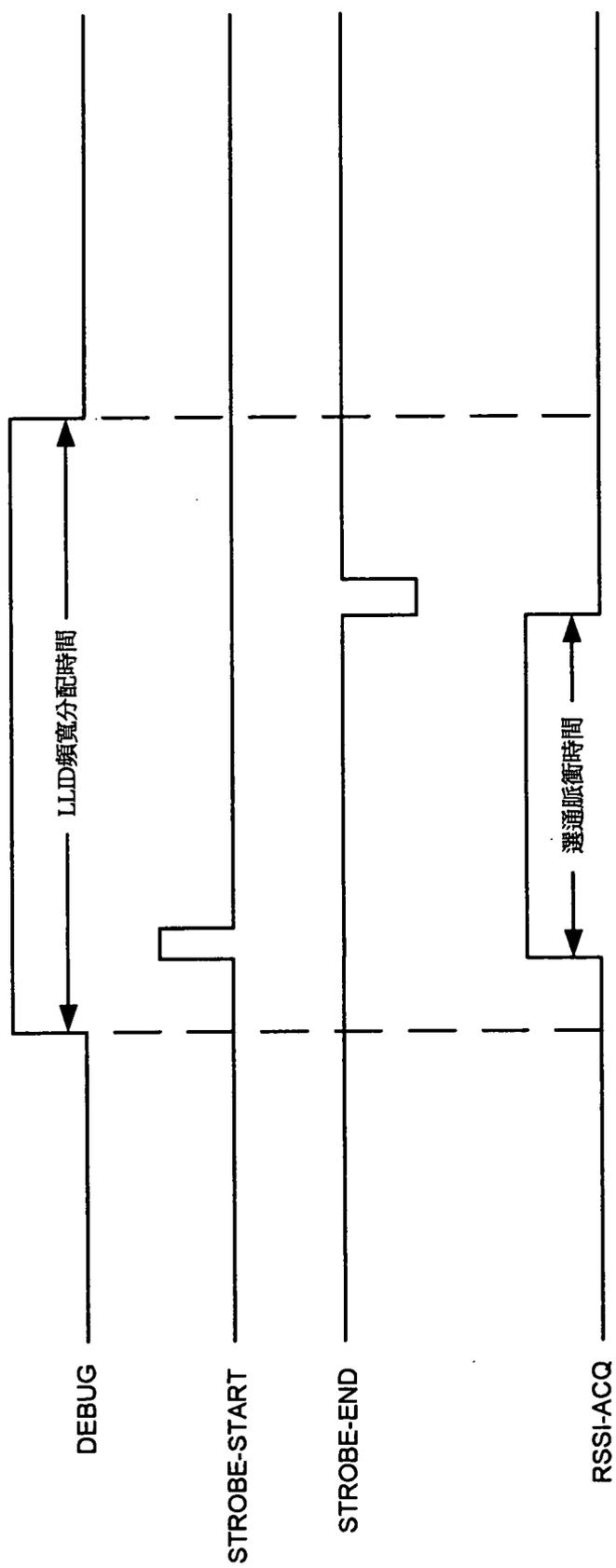
200

第2圖

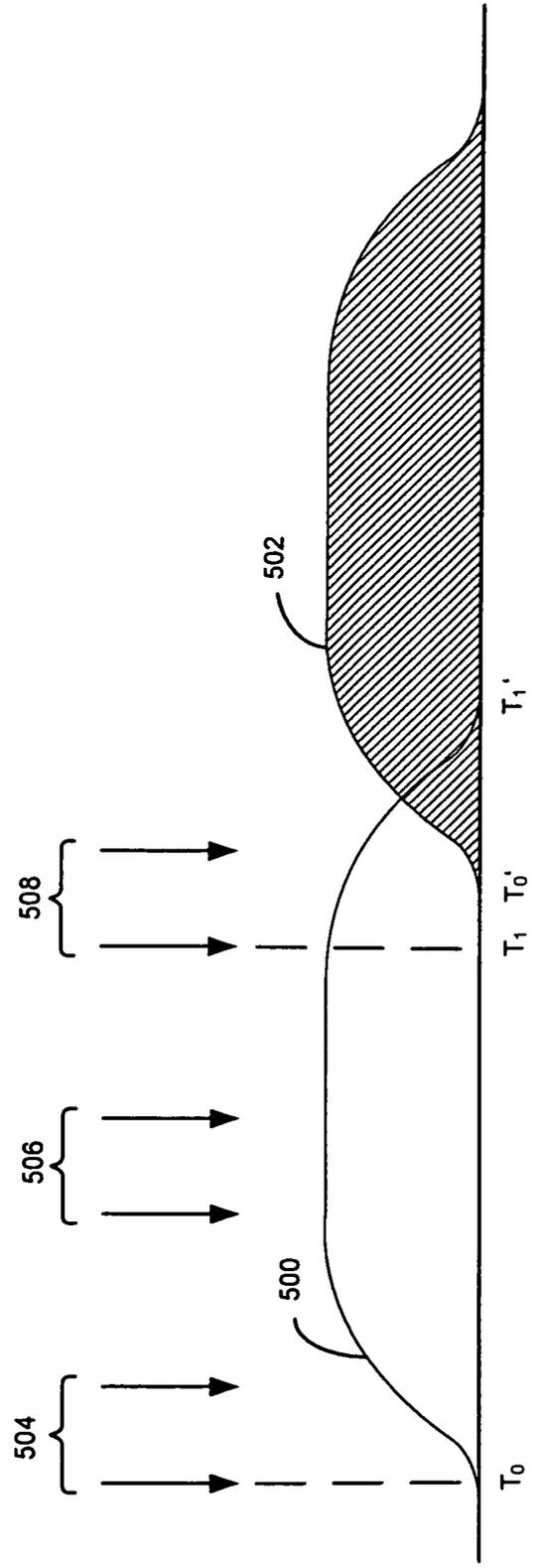


300

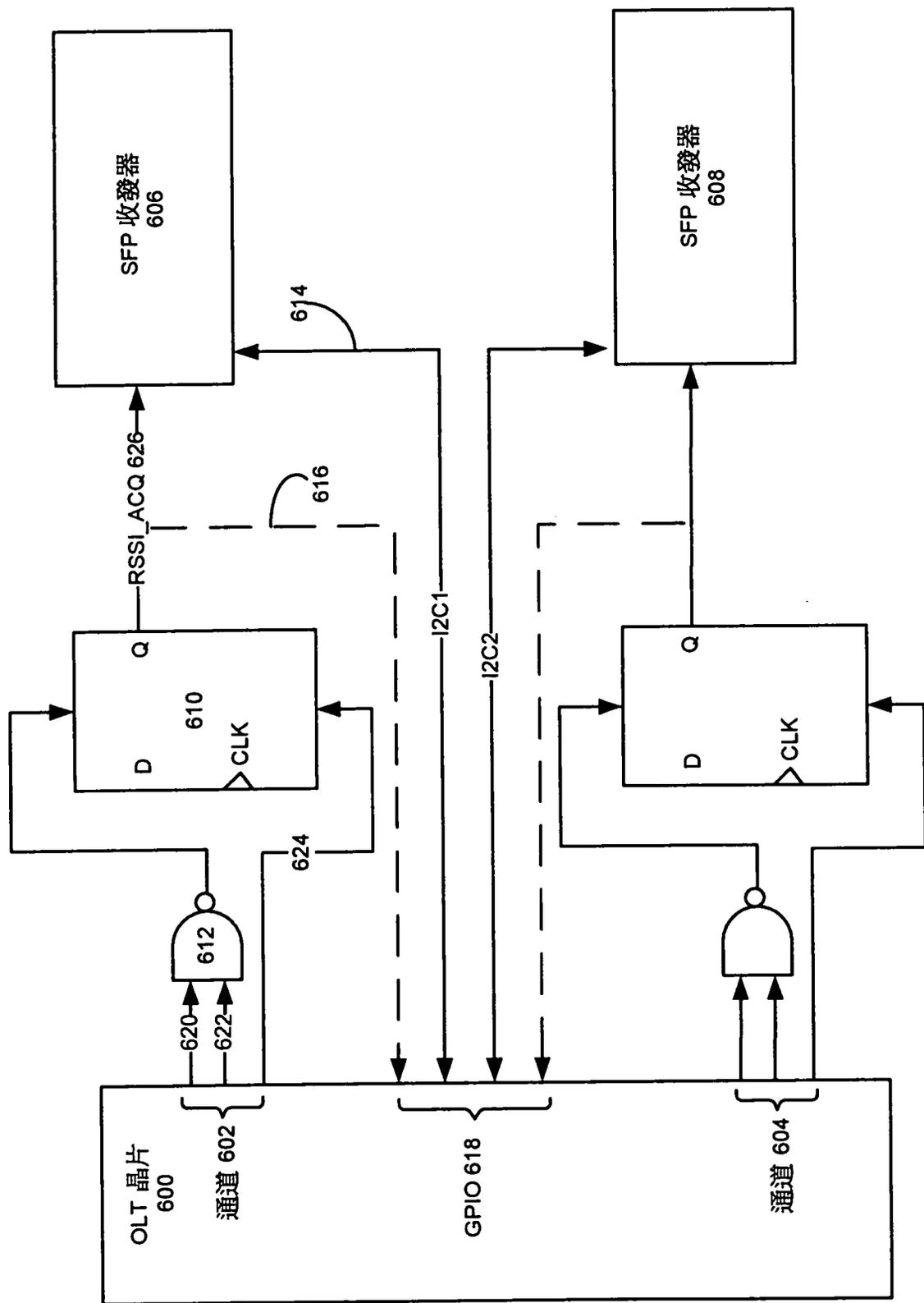
第3圖



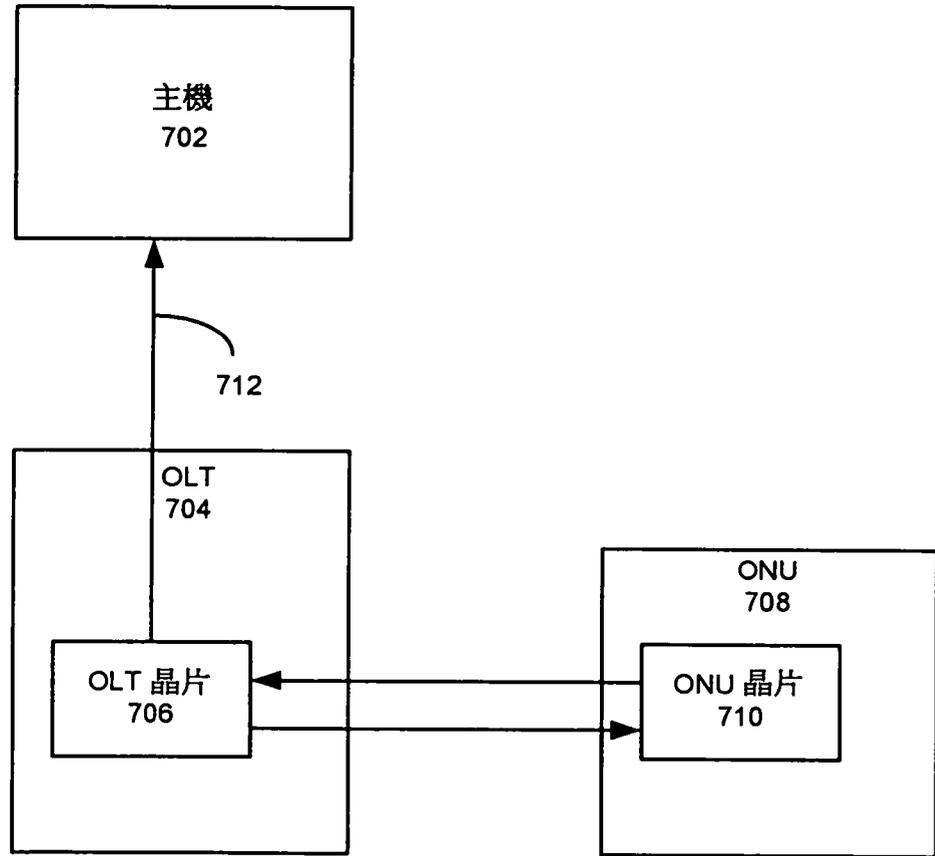
第4圖



第5圖

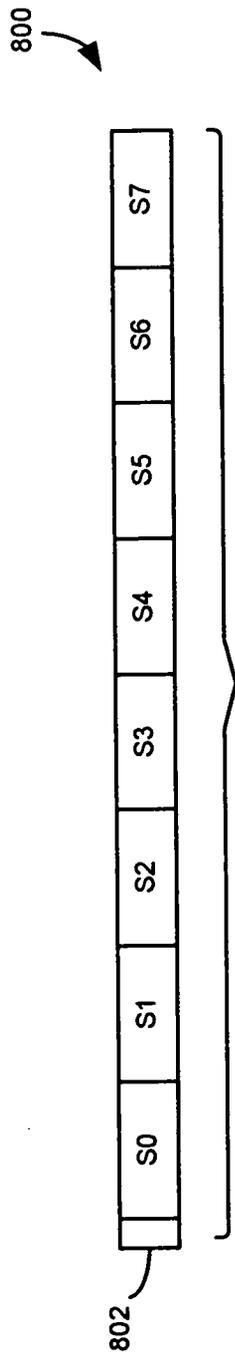


第6圖

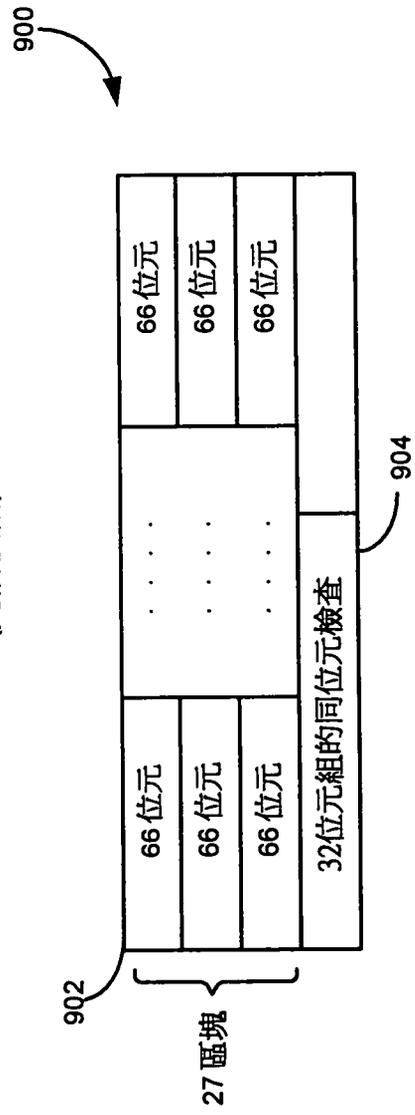


700

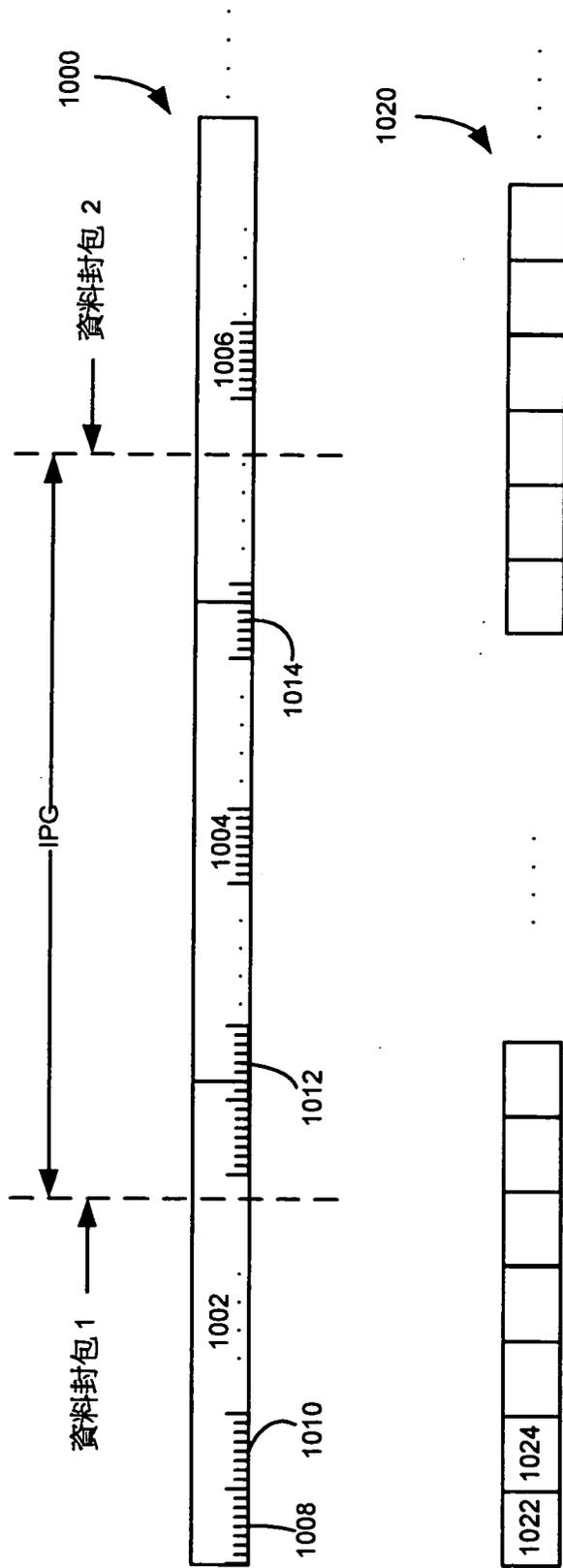
第7圖



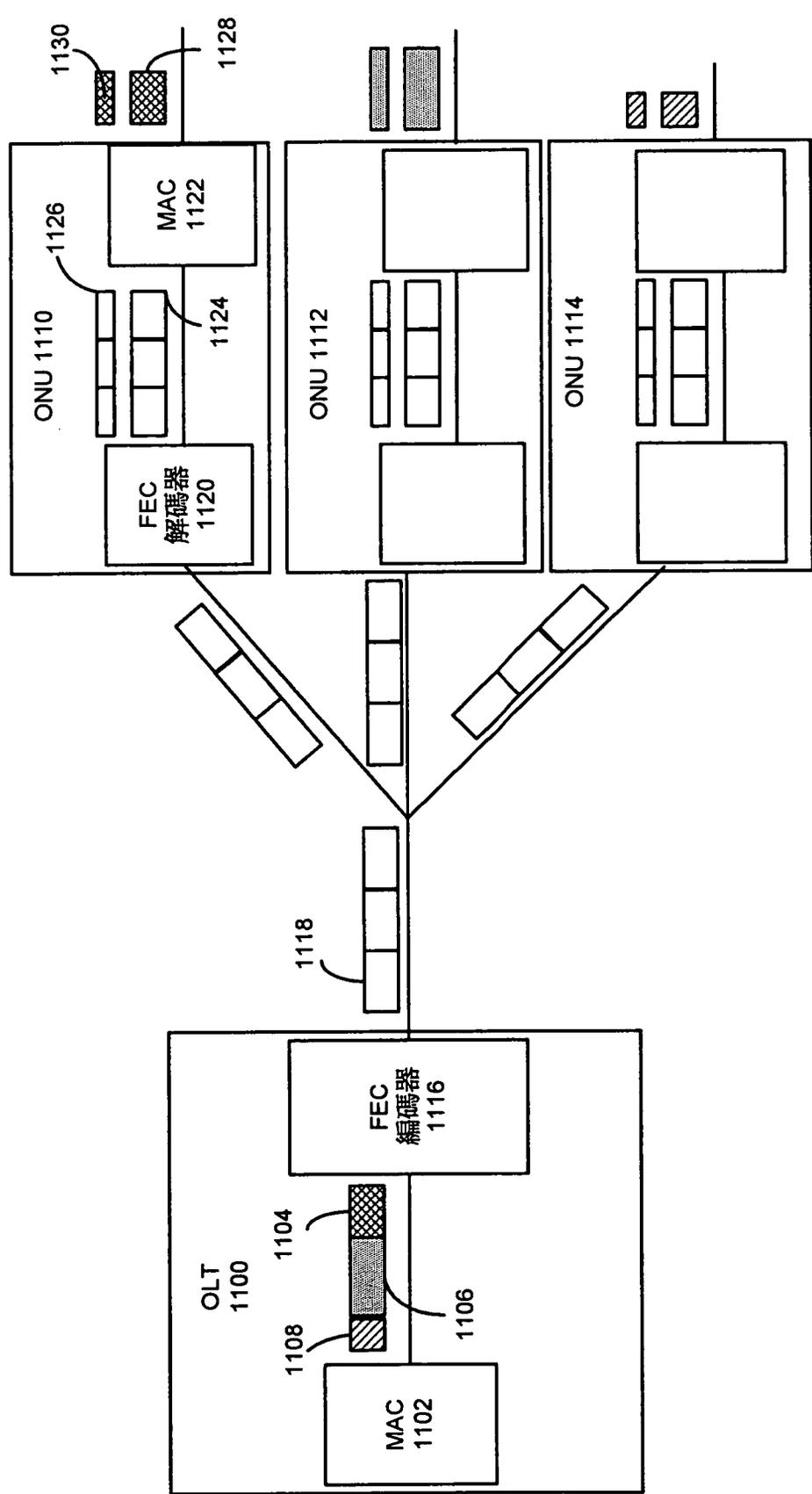
第8圖
(先前技術)



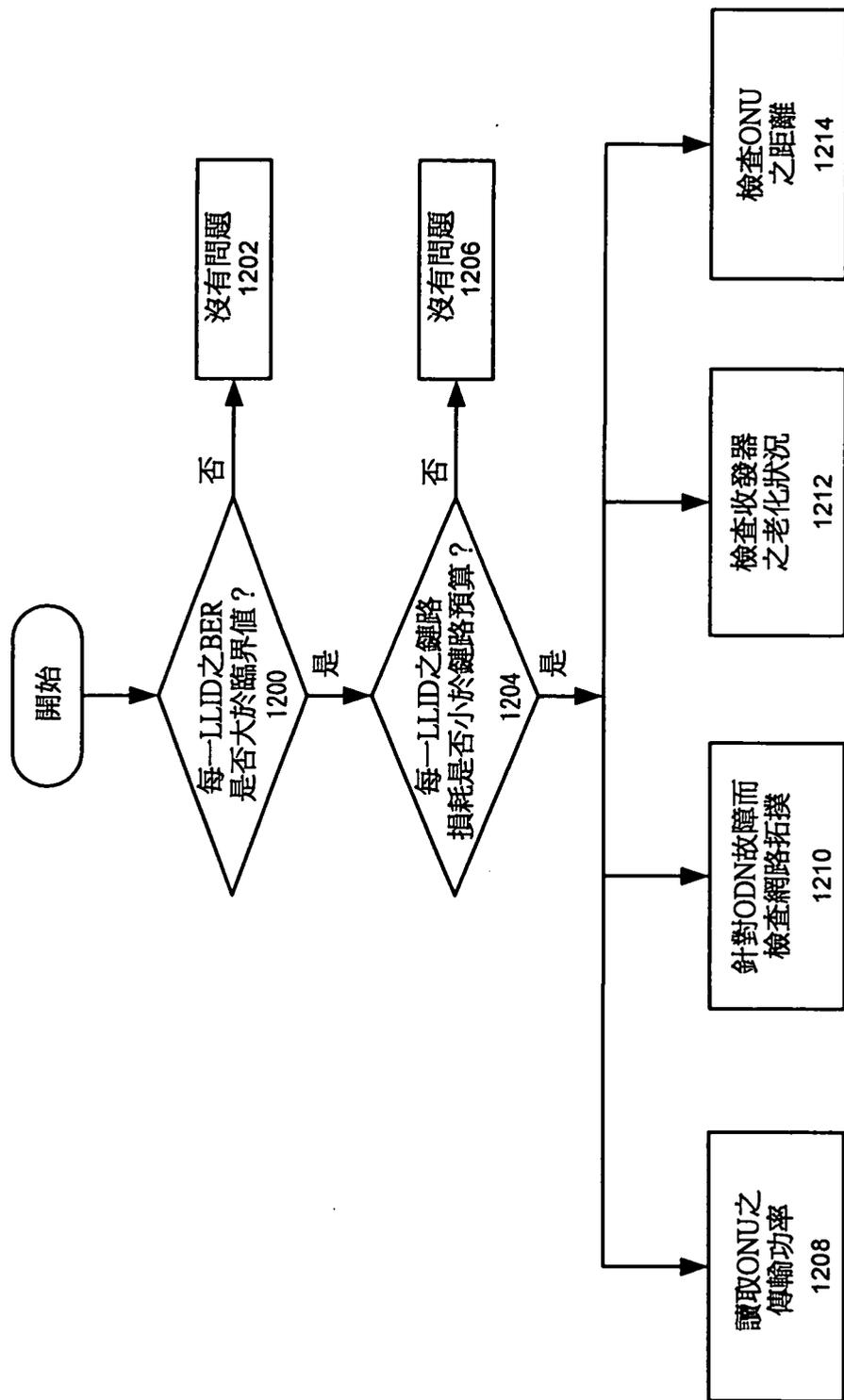
第9圖



第10圖



第11圖



第12圖