



(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 I401911B1

(45) 公告日：中華民國 102 (2013) 年 07 月 11 日

(21) 申請案號：096145355

(22) 申請日：中華民國 96 (2007) 年 11 月 29 日

(51) Int. Cl. : **H04L12/10 (2006.01)**

(30) 優先權：2006/11/30 美國 11/606,292

(71) 申請人：美國博通公司 (美國) BROADCOM CORPORATION (US)
美國

(72) 發明人：韋爾 威廉 戴博 WAEL WILLIAM DIAB (US)

(74) 代理人：莊志強

(56) 參考文獻：

US	2005/0102419A1	US	2005/0132240A1
US	2005/0262364A1	US	2005/0268120A1
US	2006/0089230A1	US	2006/0143583A1
US	2006/0165110A1		

審查人員：蕭明椿

申請專利範圍項數：10 項 圖式數：7 共 0 頁

(54) 名稱

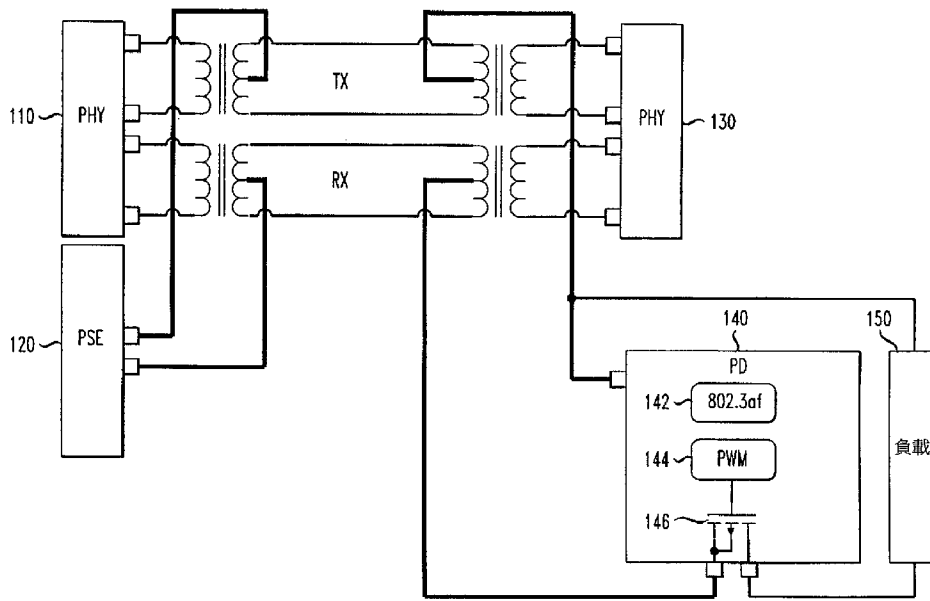
一種乙太網供電系統及方法

SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING POWER DELIVERED TO A POWERED DEVICE
BASED ON CHANNEL IMPEDIMENTS

(57) 摘要

本發明涉及乙太網供電(PoE)應用中發現通道阻礙的系統和方法。PoE 應用中的電纜功率損耗是與電纜本身的電阻相關的。可將 PHY 設計為可測量乙太網電纜的電學特性(例如，插入損耗、串擾、長度、中斷等等)，從而可確定電纜電阻。所確定的電纜電阻可用於供電決策，以及調節分配給電源設備埠的功率。

A system and method for discovering channel impediments for Power over Ethernet (PoE) applications. Cabling power loss in PoE applications is related to the resistance of the cable itself. A PHY can be designed to measure electrical characteristics (e.g., insertion loss, cross talk, length, discontinuities, etc.) of the Ethernet cable to enable determination of the cable resistance. The determined resistance can be used in powering decisions and in adjusting power budgets allocated to power source equipment ports.



- 110、130 . . . 乙太網 PHY
- 120 . . . 電源設備 (PoE)
- 140 . . . 受電設備 (PD)
- 142 . . . 802.3af 模組
- 144 . . . 脈寬調製 (PWM)DC : DC 控制器
- 146 . . . FET
- 150 . . . 負載

圖 1

公告本**發明專利說明書**

1~23頁

(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：96145355

※申請日：96.11.29

※IPC分類：H04L 12/10 (2006.01)

一、發明名稱：(中文/英文)

一種乙太網供電系統及方法 / SYSTEM AND METHOD FOR CONTROLLING POWER DELIVERED TO A POWERED DEVICE BASED ON CHANNEL IMPEDIMENTS

二、中文發明摘要：

本發明涉及乙太網供電(PoE)應用中發現通道阻礙的系統和方法。PoE應用中的電纜功率損耗是與電纜本身的電阻相關的。可將PHY設計為可測量乙太網電纜的電學特性(例如，插入損耗、串擾、長度、中斷等等)，從而可確定電纜電阻。所確定的電纜電阻可用於供電決策，以及調節分配給電源設備埠的功率。

三、英文發明摘要：

A system and method for discovering channel impediments for Power over Ethernet (PoE) applications. Cabling power loss in PoE applications is related to the resistance of the cable itself. A PHY can be designed to measure electrical characteristics (e.g., insertion loss, cross talk, length, discontinuities, etc.) of the Ethernet cable to enable determination of the cable resistance. The determined

resistance can be used in powering decisions and in adjusting power budgets allocated to power source equipment ports.



四、指定代表圖：

(一)本案指定代表圖為：圖 1。

(二)本代表圖之元件符號簡單說明：

乙太網 PHY	110、130
電源設備(PoE)	120
受電設備(PD)	140
802.3af 模組	142
脈寬調製(PWM)DC:DC 控制器	144
FET	146
負載	150

五、本案若有化學式時，請揭示最能顯示發明特徵的化學式：

無

六、發明說明：

【發明所屬之技術領域】

本發明涉及網路電纜系統及方法，更具體地說，涉及一種乙太網供電(PoE)應用中通道阻礙的發現。

【先前技術】

IEEE 802.3afPoE 標準提供了一架構，其用於通過乙太網電纜，將電源從電源設備(PSE)傳輸到受電設備(PD)。在該 PoE 過程中，首先執行有效設備的偵測。該偵測過程確認是否連接了有效設備，以確保電源不應用於非 POE 設備。

在發現一有效 PD 後，PSE 可任意執行一電源等級。對於 PD 設備，IEEE802.3af 定義了 5 個電源等級。電源分級過程的完成使得 PSE 能夠管理電源，從而對連接到 PSE 的不同 PD 傳輸電源。如果對於一特定的 PD 確定了一特定的電源等級，那麼 PSE 可對該 PD 分配合適的電源。如果未執行電源分級，那麼將使用默認的等級，即 PSE 將整個 15.4W 的功率提供給一特定的埠。

對連接到 PSE 的不同 PD 的功率分配(power budgets)的管理，對於 PSE 的有效操作是非常重要的。在 PoE 廣延(Broad Reach)應用中，功率分配的管理更加重要，在該應用中，PD 通過超過 100 米(例如 300-500 米)的乙太網電纜連接到 PSE。通常，可分配給不同 PD 的電源總量限於 PSE 的容量範圍。因此，需要一種機制，以使得 PSE 能夠確定供應給每一埠的準確的電量。

【發明內容】

一種控制對受電設備供電的系統和/或方法，在至少一張附圖中進行了描述，並在權利要求中進行了完整的說明。

依據本發明的一個方面，提供一種乙太網供電系統，包括：受電設備檢測部件，用於檢測受電設備的存在，所述受電設備通過乙太網電纜連接到電源設備埠；電纜檢測部件，用於測量所述乙太網電纜的電學特性；以及電源控制器，用於基於所述乙太網電纜中間連接器的存在性，控制對所述電源設備埠的電源分配，其中用所述經測量的電學特性表示所述存在性。

優選的，所述電纜檢測部件測量所述乙太網電纜中的中斷。

優選的，所述電源控制器基於電纜類型、電纜長度、以及所述連接器的存在性，控制所述電源分配。

優選的，所述電源控制器基於所述乙太網電纜的電阻，控制所述電源分配，其中使用所述乙太網電纜的所述類型確定所述乙太網電纜的所述電阻。

優選的，所述電源控制器基於所述乙太網電纜的有效性，控制電源分配。

優選的，所述電源控制器確定分配給所述埠的功率分配。

根據本發明的一個方面，提供一種乙太網供電的方法，包括以下步驟：在經由乙太網電纜的由受電設備到電源設備埠的連接上，基於測量的電學特性確定所述乙太網電纜中間是否存在連接器；將功率分配給所述電源設備埠，所述分配的功率基於所述確定步驟。

優選的，所述確定步驟包括測量所述乙太網電纜中的中斷。

優選的，所述分配的功率分配基於電纜類型、電纜長度、以及所述乙太網電纜中間連接器的存在性。

根據本發明的一個方面，提供一種乙太網供電的方法，包

括以下步驟：基於測量的乙太網電纜的電學特性，確定所述乙太網電纜中間是否存在連接器，所述乙太網將受電設備連接到電源設備；基於所述連接器確定步驟，確定是否對所述受電設備供電。

優選的，在乙太網電纜大於 100 米時，使用所述供電確定步驟。

優選的，在乙太網增強應用中使用 3 類電纜時，使用所述供電確定步驟。

優選的，所述供電確定步驟也基於所述乙太網電纜的類型和長度。

優選的，所述確定步驟基於在所述乙太網電纜中確定所述中斷。

【實施方式】

圖 1 是本發明乙太網供電(PoE)系統一實施例的示意圖。如圖所示，PoE 系統包括電源設備(PoE)120，其將電源發送到受電設備(PD)140。PSE 發送到 PD 的電源通過跨越變壓器的中央抽頭(taps)的應用電壓提供，該變壓器連接到負載在乙太網電纜內的一對發送(TX)和一對接收(RX)線。這兩對 TX 和 RX 線使得資料在乙太網 PHY110 和 130 之間傳輸。

圖 1 進一步展示出，PD 140 包括 802.3af 模組 142。該模組所包括的電子設備使得 PD 140 能夠以 IEEE802.3af 標準與 PSE 120 通信。PD 140 還包括脈寬調製(PWM)DC:DC 控制器 144，其控制功率 FET 146，其又為負載 150 提供恒定功率。通常地，存在兩種負載：純電阻負載(例如，燈泡)和由 DC:DC 功率控制器饋電的恒定功率負載。當前的應用主要是由 DC:DC 功率控制器饋電的恒定功率負載。

從 PSE 120 到負載 150 的功率傳輸可使用圖 2A 所示的電路模型進行類比。如圖所示，電源為一電路提供一電壓 V_{PSE} ，該電路包括第一並聯電阻對(R_1 、 R_2)、負載電阻 R_{LOAD} 、和第二並聯電阻對(R_3 、 R_4)。其中，第一並聯電阻對 R_1 、 R_2 表示 TX 電線對的電阻，而第二並聯電阻對 R_3 、 R_4 表示 RX 電線對的電阻。

電阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、和 R_4 的阻值取決於乙太網電纜的類型和長度。特別地，電阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、和 R_4 具有一確定的電阻/長度，其取決於乙太網電纜的類型(例如，3、5、6 類線等等)。例如，對於 5 類乙太網電纜，電阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、和 R_4 具有的阻值大約為 $0.1\Omega/\text{米}$ 。因此，對於 100 米的 5 類乙太網電纜，電阻 R_1 、 R_2 、 R_3 、和 R_4 的每一個都具有 10Ω 的阻值。在該例子中，並聯電阻 R_1 和 R_2 具有 5Ω 的阻值，而並聯電阻 R_3 和 R_4 具有 5Ω 的阻值。經組合，可確定乙太網電阻(R_{cable})總的阻值為 $5\Omega+5\Omega=10\Omega$ 。經簡化的 PoE 電路模型可包括單一的如圖 2B 所示的電纜電阻阻值 R_{cable} 。

如圖 2B 進一步所示，該電路模型還包括串聯電阻 R_{con} 。該串聯電阻 R_{con} 表示由於介質相關介面(MDI)鏈路中間所存在的連接器而添加的電阻。如圖 3 所示，MDI 鏈路中間的連接器通過包括交叉連接系統、壁裝電源插座、或位於 MDI 鏈路中間的類似設備引入。

注意到上面的，5 類電纜的電阻 R_{cable} 大約為 $0.1\Omega/\text{米}$ 。對於 100 米的 5 類電纜，電阻 R_{cable} 因此為 10Ω 。應該注意到，該近似值包括電纜本身的電阻，同時也包括兩個終端連接器的電阻。該兩個終端連接器貢獻給該電纜的電阻值大約為 0.5Ω 。

由於電纜在 MDI 鏈路中間包括附加的連接器，因此要在該電路模型中進一步添加電阻。其對總的電阻的貢獻值表示為圖 2B 電路模型中的 R_{con} 。對於一在 MDI 鏈路中間包括連接器的負載系統， R_{con} 的阻值可達到大約 2.5Ω 。可以理解的， R_{con} 的阻值可表示為對 MDI 鏈路真實的貢獻。特別地，經對 100 米的 5 類電纜進行計算，當添加了 10Ω 的 R_{cable} 時， 2.5Ω 的 R_{con} 將使總的鏈路電阻增加 25%。

在 IEEE802.3af 標準中，PSE 可隨意地執行分級步驟，以確定 PD 的電源等級。如下表 1 示出 IEEE802.3af 標準所支援的 5 個 PD 等級。

等級	使用	PSE 的最小功率 輸出	PD 處的最大功率 輸入
0	默認	15.4W	0.44 to 12.95W
1	可選擇	4.0W	0.44 to 3.84W
2	可選擇	7.0W	3.84 to 6.49W
3	可選擇	15.4W	6.49 to 12.95W
4	保留	作為等級 0	保留

表 1

如圖所示，等級 0(默認)和等級 3PD 規定 PSE 的最小輸出功率為 15.4W。對於低功率 PD(例如等級 1 和等級 2 設備)，PSE 的最小輸出功率分別規定為 4.0W 和 7.0W。儘管可選擇的，但是確認正確的 PD 電源等級能夠使得 PSE 為每個埠僅提供其所需數量的電源。這有效地增加了 PSE 為與其連接的一組 PD 供電時的能力。

本發明的一個特點是對乙太網電纜的一個或多個特性進

行測量，以用於影響 PoE 系統的操作。在一實施例中，所測量的特性用於確定乙太網電纜的一種或多種類型、乙太網電纜的長度、和 MDI 鏈路中間連接器的存在性。然後所確定的乙太網電纜的類型和長度、以及連接器的存在性，可用於估計乙太網電纜的電阻。接著，所估計的乙太網電纜的電阻可用於評估電纜中的功率損耗，該功率損耗影響對一特定的 PSE 埠的功率的分配。

圖 4 示出本發明的一般過程。如圖所示，該過程開始於步驟 402，其測量乙太網電纜的一個或多個特性。在一實施例中，該測量步驟的實施是作為乙太網電纜的電學特性的 PHY 分析的一部分。例如，測量步驟的實施是作為 PHY 所執行的回聲清除會聚過程(echo cancellation convergence process)的一部分。

在本發明的一實施例中，在步驟 402 所測量的乙太網電纜的一個或多個特性，可使得 PoE 系統更好地估計乙太網電纜的電阻。在此，所估計的實際的電纜電阻可使得 PoE 系統估計電纜的實際的功率損耗。在一實施例中，對 PHY 進行設計以測量特性，從而使得能夠確定乙太網電纜中的插入損耗、串擾、長度和中斷(discontinuities)。

在步驟 404，在測量乙太網電纜的一個或多個特性後，PoE 系統接著確定乙太網電纜的類型、長度、以及鏈路中間連接器的存在性。可基於所測量的插入損耗、串擾、以及乙太網電纜的長度，確定乙太網電纜的類型。對乙太網電纜的這些測量可使得 PoE 系統確定，例如該乙太網電纜是否是 3、5、6 或 7 類的乙太網電纜。在一實施例中，基於使用時域反射技術(TDR)所識別的中斷，確定鏈路中間連接器的存在性。

可以理解的，不同類型的電纜具有與其相關的不同的電阻。需要注意的，3 類電纜具有大約 $0.2\Omega/\text{米}$ 的電阻，而 5 類乙太網電纜具有大約 $0.1\Omega/\text{米}$ 的電阻。鏈路中間連接器的存在也會增加有效的電纜電阻。在步驟 404，一旦確定乙太網電纜的類型、長度、以及鏈路中間存在連接器，在步驟 406，PoE 系統接著確定在 PoE 系統上的相關影響。

接著進行更細緻的描述，PoE 系統上的一特定影響可隨有關的應用而不同。在此，本發明的一特點是：在動態的配置和操作過程中，PoE 系統可使用電纜類型、電纜長度、和連接器的存在資訊。例如，電纜類型、電纜長度、和連接器的存在資訊可用於診斷乙太網電纜、確定是否可為一 PD 供電，確定對一給定的 PSE 埠進行功率分配的調整，等等。

為了展示電纜類型、電纜長度、和連接器的存在資訊對 PoE 系統的不同影響方式，考慮與 IEEE802.3af 規範所支援的傳統的 PoE 系統相關的第一應用。在該應用中，電纜類型和長度的確定可用於確定電阻 R_{cable} ，而鏈路中間存在連接器的確定可用於確定電阻 R_{con} (見圖 2B)。

在圖 2B 的電路模型中，PD 包括 DC:DC 變換器，負載 R_L 接收恒定功率 P_L ，加在其輸入端的電壓為 V_L 。因為 P_L 在負載處固定， $P_L = I * V_L$ ，其中 I 是流過整個電路的電流。電纜的功率損耗就為 $P_{\text{loss}} = I^2 * (R_{\text{cable}} + R_{\text{con}})$ 。

IEEE802.3af 標準假設，當 PD 使用 100m 的 3 類電纜連接到 PSE 時，此最壞情況下的鏈路電阻為 20Ω ，所以對於 PSE，規定 15.4W 的最小輸出功率。在電流限制為 350mA 時，對於電纜，最壞情況的功率損耗為 $P_{\text{loss}} = (350\text{Ma})^2 * 20\Omega = 2.45\text{W}$ 。該 2.45W 的最壞情況下的功率損耗是 PSE 的最小輸出功率和

PD 獲得的最大功率的差(例如， $15.4\text{W}-12.95\text{W}=2.45\text{W}$)。

可基於確定的乙太網電纜類型，調節分配給 PSE 埠的最壞情況下的功率分配。特別地，在不知道 PoE 系統別的特性時，乙太網電纜的類型的確定可得到更準確的功率損耗的評估。例如，假定所測量到的特性表示：使用 5 類而不是 3 類線將 PD 連接到 PSE。進一步假定存在負載系統(即鏈路中間的連接器)，並且假定最壞情況下的 100 米的電纜長度和 350mA 的電流，此時電纜電阻估計為：5 類電纜的 12.5Ω ；而不是 3 類電纜的 20Ω 。所確定的電阻的減少，因此可將功率損耗降低為 $P_{\text{loss}}=(350\text{mA})^2 * 12.5\Omega=1.53\text{W}$ 。可比較最壞情況下的功率損耗，其差為 $2.45\text{W}-1.53\text{W}=0.92\text{W}$ 。所節省的 0.92W 的功率可降低對埠的功率分配，因此有效地增加了 PSE 的能力。

通過確定電纜長度和電纜類型，可更準確地估計功率損耗。在一實施例中，使用 TDR 確定電纜長度。加上補充的電纜長度資訊，所估計的電纜電阻可從最壞情況下 100 米的負載系統進一步降低。例如，假設電纜類型確定為 5 類，並且進一步確定電纜長度為 50 米。在該例子中， R_{cable} 可降低一半到 5Ω 。對於具有 50 米的 5 類電纜的負載鏈路，功率損耗為 $P_{\text{loss}}=(350\text{mA})^2 *(5\Omega+2.5\Omega)=0.92\text{W}$ 。相應所節省的功率為 $2.45\text{W}-0.92\text{W}=1.53\text{W}$ ，其可降低對埠的功率分配。應該注意的是，單獨確定電纜類型也可獲得如上所描述的功率節省。儘管現有的系統已經試圖在典型的 PoE 應用中(例如，小於 100 米)，使用電纜長度確定，然而在大於 100 米的 PoE 應用中，使用電纜長度確定是本發明的獨特特點。

根據本發明，通過附加確定鏈路中間存在(或沒有)連接器，可更加準確地估計功率損耗。如果確定鏈路中間沒有連接器

，那麼鏈路的電阻可進一步降低為 $R_{con}=0$ 。特別地，對於 50 米的 5 類電纜的無負載鏈路，功率損耗可為 $P_{loss}=(350mA)^2 * (5\Omega+0\Omega)=0.61W$ 。相應所節省的功率為 $2.45W-0.61W=1.84W$ ，其表示：對於埠，節省了更多的電源供應。

通常地，確定的因素(例如電纜類型、電纜長度、和鏈路中間連接器的存在性)可用於降低功率分配。值得注意的，這些有益效果可在不知曉 PoE 系統任意附加資訊的情況下實現。如果可獲得附加資訊的話，也可得到更詳細的功率損耗計算。

跨越電纜的電壓降可定義為 $V_{PSE} - V_L = I * R_{total}$ ，其中 $R_{total} = R_{cable} + R_{con}$ 。對於 PD 處電壓 V_L ，該等式解為：

$$V_{PSE} - V_L = I * R_{total}$$

$$V_{PSE} - V_L = (P_L / V_L) * R_{total}$$

$$V_{PSE} * V_L - V_L^2 = P_L * R_{total}$$

$$V_L^2 - V_{PSE} * V_L + P_L * R_{total} = 0$$

$$V_L = [V_{PSE} +/- \text{SQRT}(V_{PSE}^2 - (4 * P_L * R_{total}))] / 2$$

如果已知 V_{PSE} 為 48V， P_L 為 12.95W(供給 PD 的最大功率)，以及 $R_{total} = R_{cable} + R_{con} = 5\Omega + 2.5\Omega = 7.5\Omega$ (50 米的 5 類電纜的負載系統的電阻)，那麼 $V_L = (48 +/- \text{SQRT}(48^2 - 4 * 12.95 * 7.5)) / 2 = (48 +/- 43.77) / 2 = 45.89V$ 。接著可使用 $V_{PSE} - V_L = I * R_{total}$ 計算電流，即 $48V - 45.89V = I * 7.5\Omega$ ，結果為 $I = 0.281A$ 。則 PSE 的總功率輸出為 12.95 乘以電纜中的功率損耗。在該例子中，電纜中的功率損耗為 $I^2 * R_{total} = (0.281A)^2 * 7.5\Omega = 0.59W$ 。在該例子中，對於 PSE 埠，總的功率分配為 $12.95W + 0.95W = 13.54W$ 。那麼，所節省的功率分配為 $15.4W - 13.54W = 1.86W$ 。

如這些例子所示的，使用假設的最壞情況下的電纜將導致埠電源供應中不必要的浪費。當對所有的 PSE 埠進行合計後，電源供應中的浪費將不必要地降低了 PSE 的實際的供電能力。

根據本發明原則的第二應用為 PoE+應用，例如未來的 IEEE802.3at 規範所支援的 PoE+應用。PoE+應用設計為支援更大功率 PD 和假設使用 5 類線或更好的乙太網電纜。對於雙對 PoE+系統，可考慮高達 30W 的 PD；而對於 4 對 PoE+系統，可考慮高達 56W 的 PD。可以理解的，對於雙對和 4 對系統可運用相同的原則。通常地，使用 PoE+的更高功率的 PD(例如 WiMAX 發送器、雲台變焦距攝像機(pan-tilt-zoom cameras)、視頻電話、以及精簡用戶端(thin clients))將變得可能。

在該應用中，本發明的原則首先用作診斷工具，以確認連接到 PSE 埠的乙太網電纜。在一實施例中，該診斷工具將確認乙太網電纜的一個或多個特性，並使用所獲得的資訊確定如何操作 PoE+ PD 設備。例如，將 PSE 設計為能夠對埠進行多少功率分配實現智慧決策。

對於現有的 802.3af 裝置，電纜中的最壞情況下的功率損失為 $P_{\text{loss}}=(350\text{mA})^2 * 20\Omega=2.45\text{W}$ 。該最壞情況下的功率損耗是基於由電纜和插線面板的限制產生的每 PD350mA 的電流限制和 3 類乙太網電纜 20Ω 的電阻。在電流為雙倍的 PoE+裝置中，例如，對於 5 類電纜的功率損耗為 $P_{\text{loss}}=(700\text{mA})^2 * 10\Omega=4.9\text{W}=2*P_{\text{loss}}$ 。如該簡單計算所示，PoE+裝置中的功率損耗/米是現有的 802.3af 裝置的兩倍，甚至在電纜電阻降低了 50%的情況下。對於鏈路中間包括有連接器的負載系統，該功率損耗更大。由於該原因，5 類電纜的長度確認和鏈路中間的

連接器的存在性表現為更重要的因數，據此能夠相對於那些基於估計電纜中最壞情況下的功率損耗，作出對埠的功率分配更為正確的決定。例如，在無負載系統中，確定電纜的長度為 25 米，那麼在電流 700mA 的情況下，計算功率損耗為 $(700\text{mA})^2 * 2.5\Omega = 1.925\text{W}$ 。這遠遠低於負載系統中 100 米 5 類電纜的功率損耗，其計算功率損耗為 $(700\text{mA})^2 * (10\Omega + 2.5\Omega) = 6.125\text{W}$ 。當然，如果使用諸如相關資訊 V_{PSE} 、 P_L 、 V_L 以及 R_{tot} ，對實際電流進行估計，所估計的電纜中的功率損耗將進一步降低。

例如，假設有一個 100 米 5 類電纜的負載系統，同時鏈路中間有連接器。其中，如果 V_{PSE} 是 50V、 P_L 是 20W、 $R_{\text{tot}} = R_{\text{cable}} + R_{\text{con}} = 10\Omega + 2.5\Omega = 12.5\Omega$ ，則可計算 $V_L = (50 \pm \sqrt{50^2 - 4 * 20 * 12.5}) / 2 = (50 \pm 38.73) / 2 = 44.36\text{V}$ 。接著使用 $V_{\text{PSE}} - V_L = I * R_{\text{tot}}$ 計算電流，即 $50\text{V} - 44.36\text{V} = I * 12.5\Omega$ ，結果 $I = 0.451\text{A}$ 。在此，所估計的電纜的功率損耗為 $I^2 * R_{\text{tot}} = (0.451\text{A})^2 * 12.5\Omega = 2.54\text{W}$ ，接著可將其用於估計對埠總的功率分配： $20\text{W} + 2.54\text{W} = 22.54\text{W}$ 。

在另一實施例中，假設 P_L 是 20W， R_{tot} 確定為 5Ω (50 米、5 類線、無負載)、已知 V_L 為 48V。可以理解的，可使用不同的通信方法，例如層 2 通信的一些形式，可將 V_L 從 PD 發送到 PSE。在該例子中，可計算電流 $I = P_L / V_L = 20\text{W} / 48\text{V} = 0.417\text{A}$ 。則所估計的電纜的功率損耗為 $I^2 * R_{\text{tot}} = (0.417\text{A})^2 * 5\Omega = 0.87\text{W}$ ，接著可將其用於估計對埠的總的功率分配 $20\text{W} + 0.87\text{W} = 20.87\text{W}$ 。

另外，對於 PoE+ 裝置，也可獲得電纜類型的資訊，其有助於功率損耗的計算。在此，確定乙太網電纜優於 5 類電纜 (例如，6 類或 7 類乙太網電纜)，將可降低對電纜電阻的估計，

因此進一步降低所估計的功率損耗。

根據本發明原則的第三應用是 PoE 廣延(PoE-BR)應用。在 PoE-BR 應用中，可使用超過 100 米乙太網電纜將 PD 連接到 PSE。例如，PoE-BR 應用定義為支援 500 米及以上的距離。

在 PoE-BR 應用中，確定乙太網電纜的類型可有助於擴展現有的 PoE 應用。考慮到，例如，最壞情況下 802.3af 應用，其通過 100 米 5 類電纜為 PD 供電。在該最壞情況下的應用中，電纜的電阻大約為 20Ω 。如果用 5 類電纜代替使用，則 5 類電纜的較低電阻可使得使用更長的 5 類電纜，並保持 20Ω 的電阻。例如，假設最壞情況下的 5 類電纜，即在鏈路中間具有連接器。在此情況下，乙太網電纜的電阻大約為 12.5Ω 。在此估計下，5 類電纜的長度可擴展到 $100\text{m} \times 20\Omega = 160\text{m}$ ，並與 20Ω 的電阻相匹配。進一步地，如果確定在鏈路中間沒有連接器，那麼 5 類電纜的長度可擴展到 $100\text{m} \times 20\Omega / 10\Omega = 200\text{m}$ ，並與 20Ω 的電阻相匹配。因此，在不瞭解 PoE 系統操作資訊的情況下，確定因素(例如電纜類型和鏈路中間連接器的存在性)可使得以超過 100m 的長度對 PD 供電。

通常地，PSE 和 PD 之間距離的增加(例如高達 500m)可為 PoE-BR 系統中的潛在操作，創造更廣的範圍。該操作範圍使得更難於使用最壞情況下的操作參數，提供系統規範。例如，假設 PoE-BR 規範支援 3 類電纜。在對該情況的處理中，電纜的電阻可規定為 $20\Omega \sim 100\Omega$ 。明顯地，假設 100Ω 最壞情況下的電纜電阻，對於確定功率分配(例如表 1 所列的)將是不可行的。因為電纜電阻規定為 $10\Omega \sim 50\Omega$ ，5 類電纜規範也是同樣的情況。

因此，本發明的一特點是：PoE-BR 應用中的 PD 供電是基於至少部分地考慮特定的埠裝置。例如，假設已知 V_{PSE} 是 51V，PD 將消耗恒定功率 12.95W，並且 PD 的電壓為 37V。在該例子中，計算電流為 $I=P_L/V_L=12.95W/37V=0.34A$ 。然後，計算電纜的最大電阻為 $R_{tot}=(V_{PSE}-V_L)/I=(51V-37V)/0.34A=41\Omega$ 。

加上最大電阻 $R_{tot}=41\Omega$ ，那麼 PoE-BR 系統可確定是否有一特定埠能適合該裝置。例如，如果確定使用 3 類電纜，則能夠以高達大約 205 米的距離對 PD 供電。類似的，如果確定使用 5 類電纜，假設為無負載系統，則能夠以高達大約 410 米的距離對 PD 供電。

確定鏈路中間連接器的存在性也可影響這些確認。例如，如果使用 5 類電纜，那麼最大電阻 R_{tot} 可分解為 R_{cable} 和 R_{con} 。如果 $R_{con}=2.5\Omega$ ，那麼最大電阻分解給 R_{cable} 的將是 $41\Omega-2.5\Omega=38.5\Omega$ 。在該例子中，當使用 5 類電纜時，能夠以高達大約 385 米的距離對 PD 供電。

電纜長度和連接器的存在性資訊也可用於確定電纜的功率損耗。例如，如果確定在負載系統中，5 類電纜是 375 米，那麼電纜的電阻將大約為 $37.5\Omega+2.5\Omega=40\Omega$ 。接著可計算功率損耗為 $P_{loss}=(340mA)^2 * 40\Omega=4.62W$ 。那麼對埠的總的功率分配為 $12.95W+4.62W=17.5W$ 。

注意如上，由於 PoE-BR 應用所服務的距離範圍，埠的功率分配差別很大。例如，如果在無負載系統中使用 120m 的 5 類電纜，那麼電纜的電阻大約為 12Ω 。接著，計算功率損耗為 $P_{loss}=(340mA)^2 * 12\Omega=1.39W$ 。則埠的總的電源供應為 $12.95W+1.39W=14.34W$ 。在兩種情況下電源供應之間的差(即

17.57W-14.34W) 為 3.23W，這有助於瞭解有關因素(例如電纜類型、電纜長度、和鏈路中間連接器的存在性)，而不是依賴於基本的最壞情況下的假設。

由於在 PoE-BR 應用中，電纜電阻的範圍很大，與現有的 802.3afPoE 相比，PD 的最小電壓更小一些。例如，假設 PD 的最小電壓低到 30V。當電纜類型資訊、電纜長度資訊、以及鏈路中間連接器的存在性已知時，可使用該 30V 的值使一給定的埠裝置有效。應該注意的，與最小電壓相比，PD 對接通電壓有更高的要求。這是因為在接通過程中，PD 沒有獲得所有的能量，因此 PD 的電壓幾乎與 PSE 相同。

假設 $V_{PSE} = 50V$ 、 $P_L = 12.95W$ 、以及 $R_{tot} = 45\Omega$ (負載系統中 425 米 5 類電纜)。對於這組操作參數，計算 V_L ，即 $V_L = (50 \pm \sqrt{50^2 - 4 * 12.95 * 45}) / 2 = (48 \pm 13) / 2 = (48 \pm 13) / 2 = 30.5V$ 。在計算 V_L 後，根據最小電壓，PoE-BR 系統可確定是否所計算的電壓 V_L 是可允許的。在該例子中， $V_L = 30.5V$ ，即大於最小的閾值，因此，在這些操作條件下，PoE-BR 系統可使埠有效。關於對埠的功率分配，使用 $V_{PSE} - V_L = I * R_{cable}$ 計算電流，因此 $50V - 30.5V = I * 45\Omega$ ，結果為 $I = 0.433A$ 。可計算電纜中的功率損耗 $I^2 * R_{cable} = (0.433A)^2 * 45\Omega = 8.44W$ 。在該例子中，則 PSE 埠總的功率分配為 $12.95W + 8.44W = 21.39W$ 。

根據本發明的原則，可最小化 PoE-BR 鏈路中使用最壞情況下的電阻的過度的懲罰效果。第一，可實現對一特定埠的功率分配的節省，從而增加 PSE 的總能力。第二，PSE 可使得埠裝置有效，但不包括當使用最壞情況下的電纜電阻估計時的情況。

根據本發明原則的第四應用可應用於電纜基礎架構的一

般性診斷。該診斷完全與 PoE 應用不相關。通常地，診斷工具可應用於電纜基礎架構，以確定對於以給定的應用的電纜基礎架構的能力。在前面所討論的應用中，診斷工具用於確定電纜基礎架構處理 PoE-BR 應用的能力。以同樣的方式，診斷工具可用於確定電纜基礎架構處理一應用的能力，，例如 IEEE802.3an 所定義的 10GBASET。在此，10GBASET 要求 7 類乙太網電纜。依據本發明原則，診斷工具可確定所有的 7 類乙太網電纜，以及所有 7 類以下的乙太網電纜(例如，5 或 6 類)，從而可處理 10GBASET 通信。而且，通過確定連接器的存在性，診斷器可確定是否鏈路中存在多電纜。該確定可進一步確定該電纜鏈路是否能處理一特定應用。

注意如上，測量乙太網電纜的一個或多個特性，可使得 PoE 系統能夠估計乙太網電纜鏈路的電阻，並且最終估計乙太網電纜鏈路的實際功率損耗。為了便於該估計，PoE 系統可測量以下特性，例如乙太網電纜的插入損耗、串擾、長度、以及中斷等等。乙太網電纜的插入損耗、串擾、長度、以及中斷的測量可表示特性的例子，這些特性可用於估計電纜電阻，並因此估計電纜中的功率損耗。

在一實施例中，可使用 TDR 直接確定電纜長度和中斷。在另一實施例中，可基於在使用往復的注入信號測量插入損耗時所生成的資料，間接地確定電纜的長度。在此，在啟動和接收脈衝之間的時間間隔與電纜長度是成線性比例的。將傳播速度和該時間間隔相乘可計算電纜長度，然後除以 2 就得到往復延遲。可以理解的，基於高頻 TDR 測量以識別電纜中的中斷(或障礙)，從而可推斷連接器的存在性。

就如所描述的一樣，可使用不同的電纜特性確定電纜類型



、電纜長度、以及鏈路中間連接器的存在性。這些因素使得能夠確定電纜鏈路的電阻和功率損耗。可以理解的，除了如上所描述的外，別的特性也可用於 PoE 系統確定電纜鏈路的電阻和功率損耗。不管使用哪種測量資料，重要的是 PoE 系統可使用這些資料，動態地調節 PoE 系統的配置或操作。如前所描述，本發明的特點有各個方面的應用。

圖 5 是能夠實施本發明原則的 PoE 環境 500 的一實施例。如圖所示，環境 500 包括 PHY530-1 到 530-N，並分別連接到乙太網開關 520。儘管 PHY 可包括一個或多個乙太網收發器，圖中僅示出單一的收發器連接到 PHY530-N。每一個 PHY 也連接到 CPU510，但為了簡單起見，僅示出從 CPU 510 到 PHY530-N 的一個連接。在一實施例中，CPU 510 與乙太網開關 520 和 PHY510 到 510-N 集成到單一的晶片上。在另一實施例中，乙太網開關 520 與 PHY510-1 到 510-N 是集成到單一的晶片上，並與 CPU 510 隔開，其通過串列介面與 CPU 510 通信。如圖所示的 PoE 環境 500 中，PSE 540 經由圖示的變換器的中央抽頭提供電源。如圖所示，PSE 540 也可連接到 CPU 510。在一實施例中，通過光隔離器 550，PSE 540 連接到 CPU 510，其中光隔離器 550 簡化了隔離邊界。

為了示出實施本發明原則的 PoE 環境 500 的操作，現參考圖 6 的流程圖。如圖 6 所示的流程，開始於步驟 602，PHY 530-N 中的收發器測量連接到 PHY530-N 的乙太網電纜的線性特性。在一實施例中，在 CPU 510 的控制下，在回聲清除器 (echo canceller) 模組執行回聲清除器會聚 (echo canceller convergence) 過程中進行測量，確定插入損耗、串擾、電纜長度、以及中斷。然後，在步驟 604，收發器所作的線性特性測

量可發送到 CPU 510。

接著，在步驟 606，CPU 510 使用該線性特性測量資料，以確定電纜類型、電纜長度、以及鏈路中間的連接器的存在性。隨後在步驟 608，該電纜類型資訊、電纜長度資訊、以及關於鏈路中間連接器的存在性發送到 PSE 540。在此，應該注意到，PSE 也可使用該線性特性測量資料，確定電纜類型、電纜長度、以及連接器的存在性。

不管在哪兒確定電纜類型、電纜長度、以及鏈路中間連接器的存在性，只要可為 PSE 540 所用，就可使得 PSE 540 確定對於 PoE 系統配置和/或操作的相關影響。該影響的確定可考慮電纜類型、電纜長度、以及鏈路中間連接器的存在性，以得到電纜電阻，並與別的 PoE 系統參數例如 V_{PSE} 、 P_L 、 V_L 等等相組合。可以理解的，任意可診斷乙太網電纜、確定是否為 PD 供電、確定對一給定 PSE 埠進行電源供應調節等等的系統元件可執行該影響分析。通常地，該影響分析是基於一個或多個參數，例如電纜鏈路電阻、電纜電流、 V_{PSE} 、 P_L 、 V_L ，可由一合適的系統元件對這些參數進行發送、發現以及假設。例如，可基於系統規範(例如，IEEE802.3af)，從使用測量資料(例如通過確定電纜類型和長度所導出的電纜電阻)的一個或多個計算獲取一個或多個參數，或從知道該參數(例如通過 PD 發送到 PSE 的 V_L)的其他系統元件接收上述參數。

本發明是通過一些實施例進行描述的，本領域技術人員知悉，在不脫離本發明的精神和範圍的情況下，可以對這些特徵和實施例進行各種改變或等效替換。另外，在本發明的教導下，可以對這些特徵和實施例進行修改以適應具體的情況及材料而不會脫離本發明的精神和範圍。因此，本發明不受此處所公

開的具體實施例的限制，所有落入本申請的權利要求範圍內的實施例都屬於本發明的保護範圍。

【圖式簡單說明】

圖 1 是本發明乙太網供電(PoE)系統一實施例的示意圖；

圖 2A 和 2B 是本發明類比 PoE 系統的電路原理圖；

圖 3 是本發明 PoE 過程的流程圖；

圖 4 是本發明介質相關介面鏈路中間的連接器的一例子的示意圖；

圖 5 是本發明可將電纜的特性資訊從 PHY 發送到 PSE 的 PoE 系統的一實施例的示意圖；

圖 6 是本發明將電纜的特性資訊從 PHY 發送到 PSE 的過程的流程圖。

【主要元件符號說明】

乙太網 PHY	110、130
電源設備(PoE)	120
受電設備(PD)	140
802.3af 模組	142
脈寬調製(PWM)DC:DC 控制器	144
FET	146
負載	150
乙太網供電(PoE)環境	500
CPU	510
乙太網開關	520
PHY530-1 到	530-N
電源設備(PSE)	540
光隔離器	550

七、申請專利範圍：

1. 一種乙太網供電系統，其特徵在於，包括：
 - 受電設備檢測部件，用於檢測受電設備的存在，所述受電設備通過乙太網電纜連接到電源設備埠；
 - 電纜檢測部件，用於測量所述乙太網電纜的電學特性；
 - 電源控制器，用於基於所述乙太網電纜中間連接器的存在，控制對所述電源設備埠的功率分配，其中用所述經測量的電學特性表示所述連接器的存在。
2. 如申請專利範圍第 1 項所述的乙太網供電系統，其中，所述電纜檢測部件還測量所述乙太網電纜中的中斷。
3. 如申請專利範圍第 1 項所述的乙太網供電系統，其中，所述電源控制器基於電纜類型、電纜長度、以及所述連接器的存在控制所述功率分配。
4. 如申請專利範圍第 1 項所述的乙太網供電系統，其中，所述電源控制器基於所述乙太網電纜的電阻控制所述功率分配，其中使用所述乙太網電纜的類型確定所述乙太網電纜的所述電阻。
5. 如申請專利範圍第 1 項所述的乙太網供電系統，其中，所述電源控制器基於所述乙太網電纜的有效性控制功率分配。
6. 一種乙太網供電的方法，其特徵在於，包括以下步驟：
 - 在經由乙太網電纜的由受電設備到電源設備埠的連接上，基於測量的電學特性確定所述乙太網電纜中間是否存在連接器；
 - 將功率分配給所述電源設備埠，所述分配的功率基於所述確定步驟。
7. 如申請專利範圍第 6 項所述的方法，其中，所述確定步驟包括測量所述乙太網電纜中的中斷。

8. 如申請專利範圍第6項所述的方法，其中，所述分配的功率基於電纜類型、電纜長度、以及所述乙太網電纜中間連接器的存在。
9. 一種乙太網供電的方法，其特徵在於，包括以下步驟：
基於測量的乙太網電纜的電學特性，確定所述乙太網電纜中間是否存在連接器，所述乙太網將受電設備連接到電源設備；
基於所述連接器確定步驟，確定是否對所述受電設備供電。
10. 如申請專利範圍第9項所述的方法，其中，在乙太網電纜大於100米時，使用所述供電確定步驟。

十一、圖式：

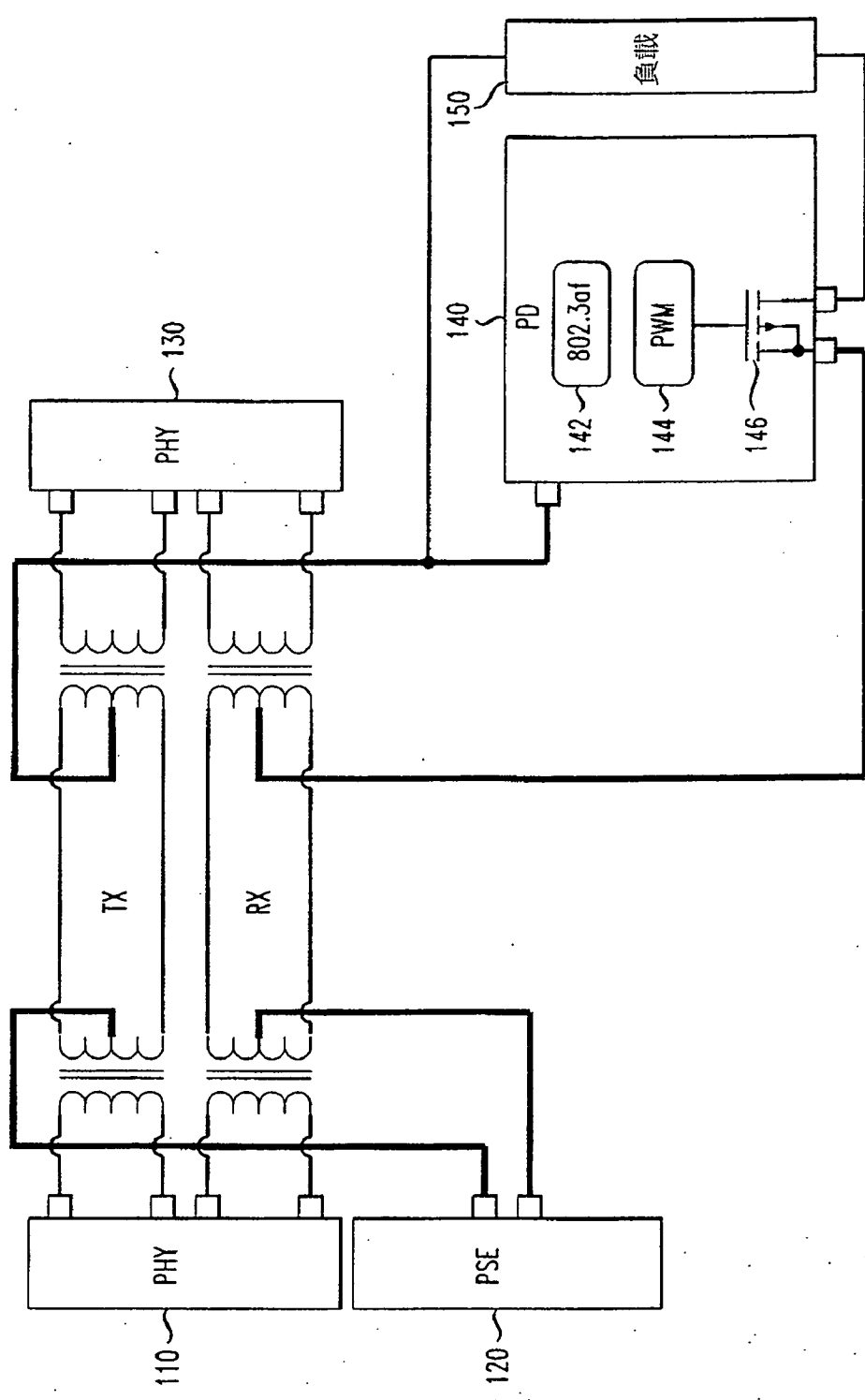


圖 1

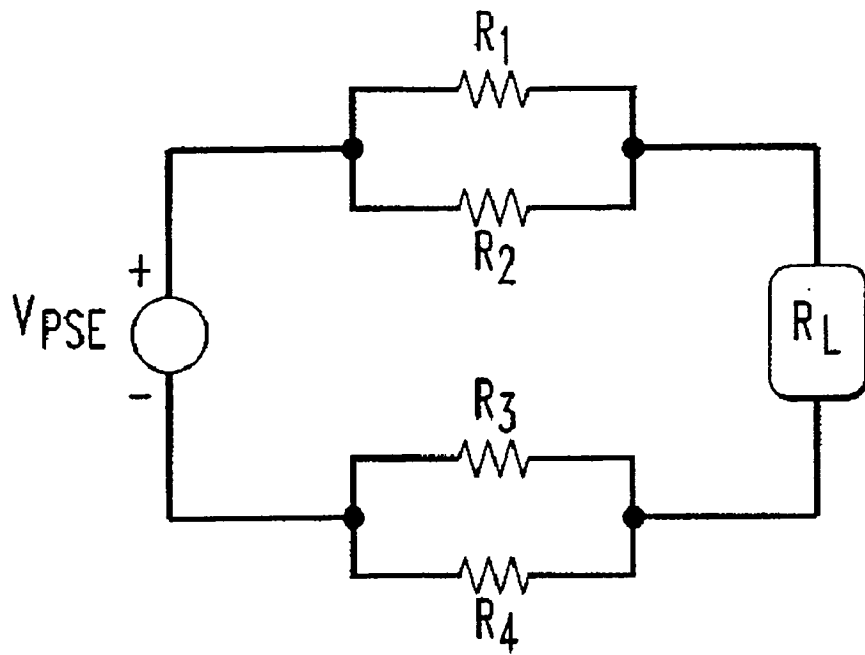


圖 2A

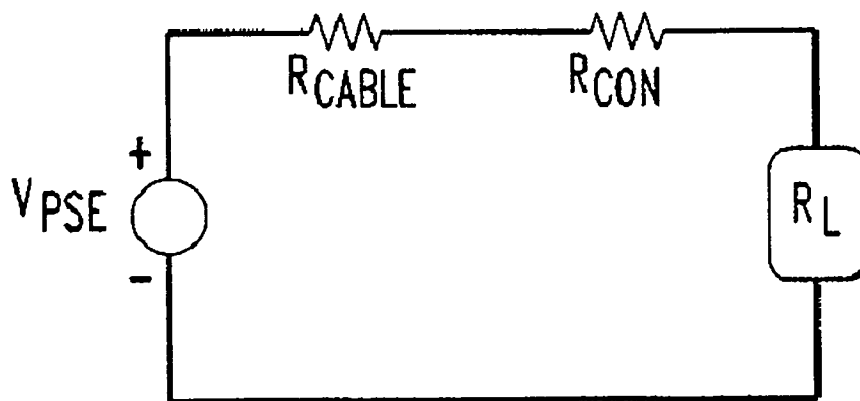


圖 2B

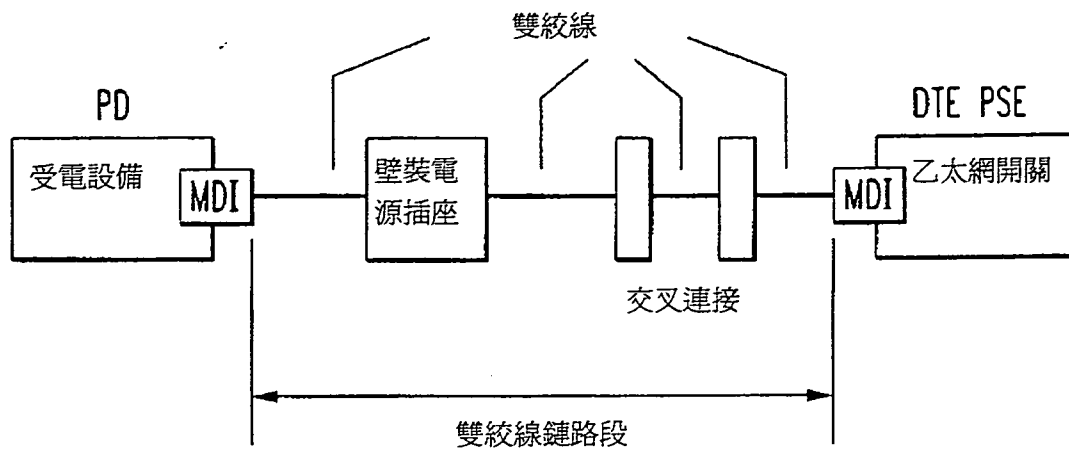


圖 3

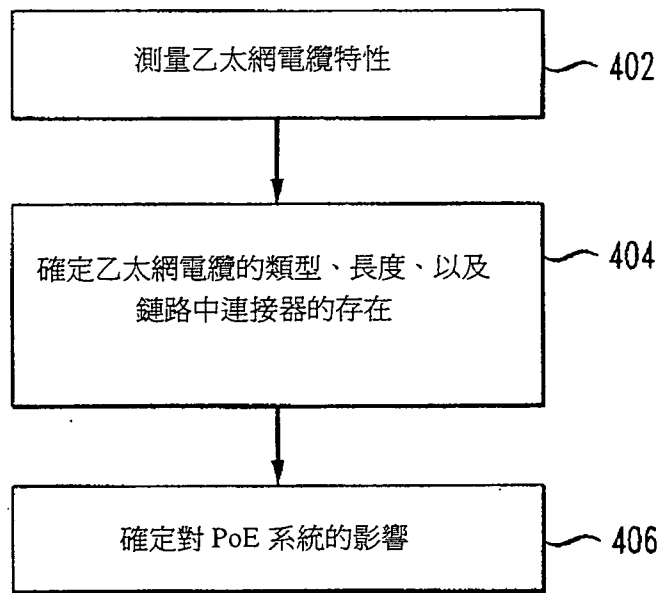


圖 4

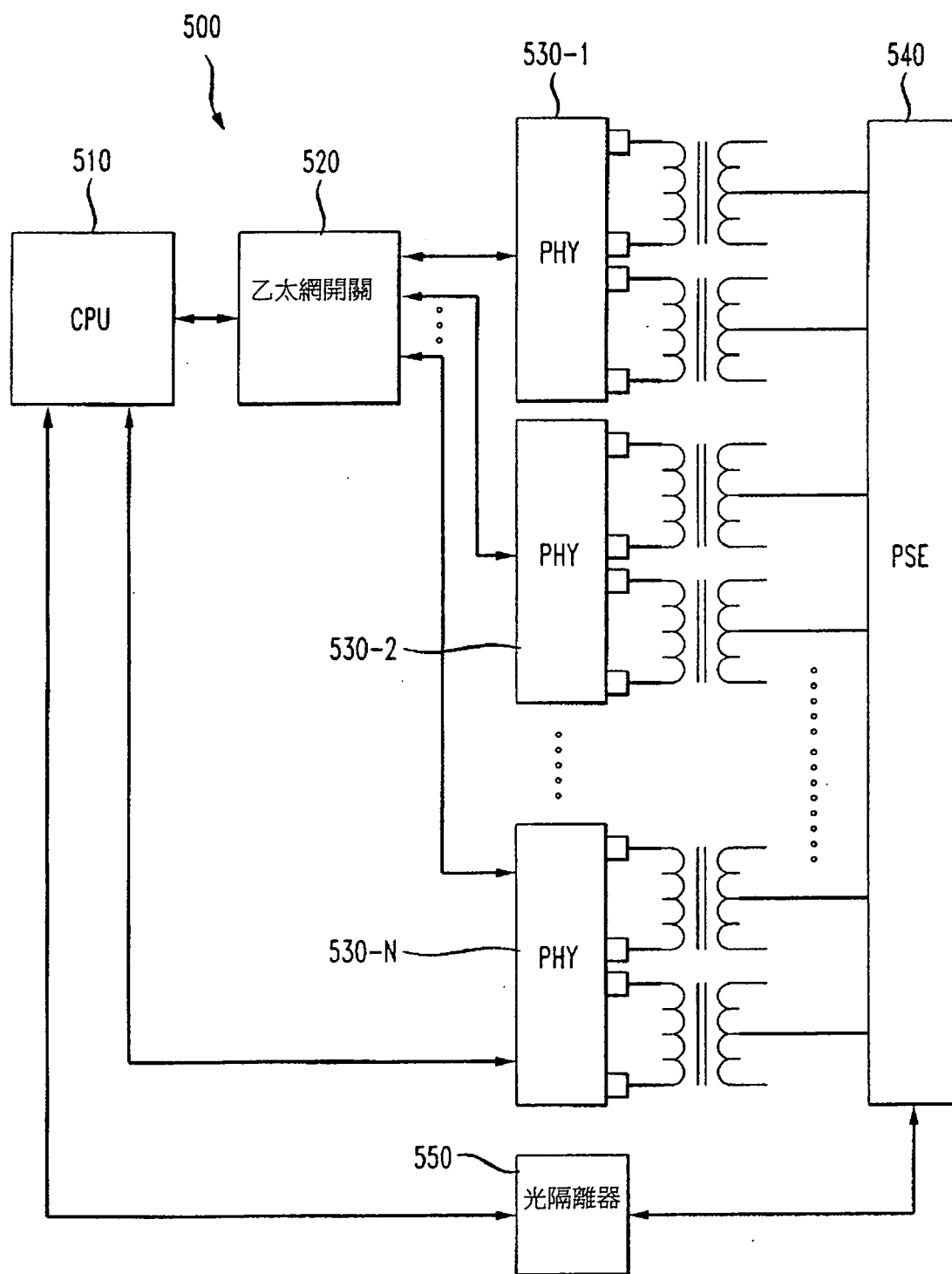


圖 5

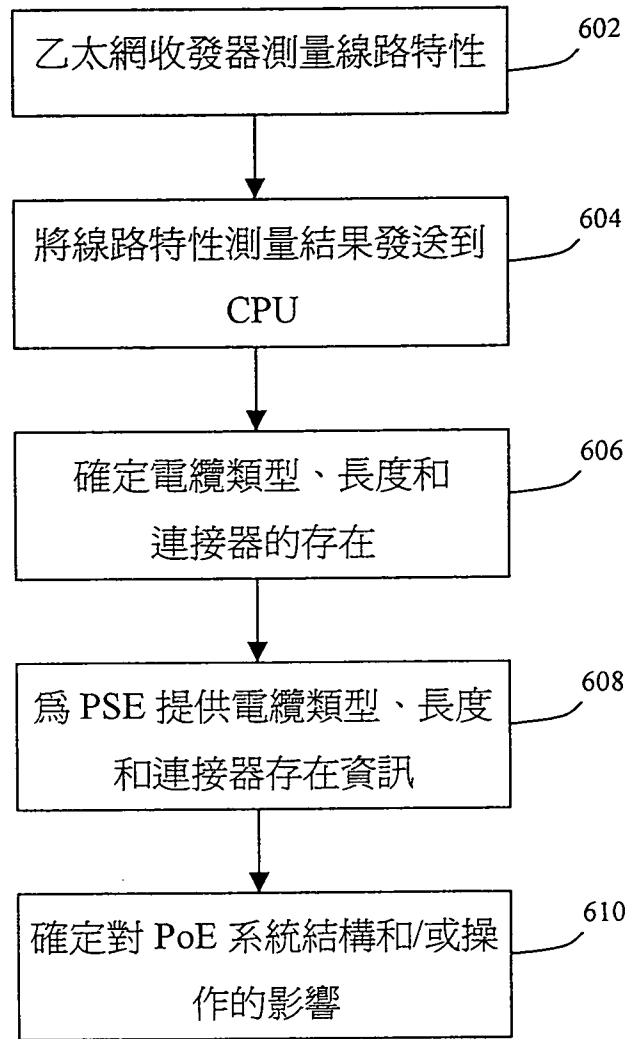


圖 6