



(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 I785594 B

(45)公告日：中華民國 111 (2022) 年 12 月 01 日

(21)申請案號：110116240 (22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 05 月 05 日
 (51)Int. Cl. : H04L5/14 (2006.01) H03L7/093 (2006.01)
 (30)優先權：2020/05/05 美國 63/020,094
 (71)申請人：美商卡赫倫特羅吉克斯公司(美國) COHERENT LOGIX, INCORPORATED (US)
 美國
 (72)發明人：榭爾比 凱文 A SHELBY, KEVIN A. (US)
 (74)代理人：陳長文
 (56)參考文獻：
 TW 328666B US 10491361B2
 US 2019/0349026A1 WO 2016/099449A1
 審查人員：黃偉倫
 申請專利範圍項數：20 項 圖式數：16 共 45 頁

(54)名稱

混合光纖同軸電纜部署中之具有動態可組態頻段劃分之彈性雙工器

(57)摘要

本發明揭示一種彈性雙工器，其可包含能夠在混合光纖同軸有線電視設備/系統部署中之一數位信號處理器(DSP)支援之設計中呈現各種頻段劃分配置之一可程式化重組態濾波器對。該等彈性雙工器可藉此滿足較大範圍之頻段劃分要求，包含所有範圍之頻段劃分要求。可藉由在帶通濾波及各別正向(例如下游)及反向(例如上游)輸入介面處之兩線轉四線轉換之後數位化一雙工器/放大器複合體中之一雙工器之任一輸入介面處之信號來達成可組態性。可藉由使用經離線判定且自記憶體擷取之指定係數集來更新數位濾波器來獲得一新的頻段劃分。該彈性雙工器/放大器複合體可實現包含等化及傾斜再生、自干擾消除、虛擬分段及/或輔助服務點之產生之額外功能之實施以提供對/來自一小型基地台及/或 Wi-Fi 存取點之存取。

A flexible diplexer may include a programmably reconfigurable filter pair capable of rendering a variety of band-split arrangements in a digital signal processor (DSP) backed design in hybrid fiber coaxial cable plant/system deployments. The flexible diplexers may thereby meet a larger range of band-split requirements, including the full range of band-split requirements. Configurability may be achieved by digitizing the signal at either input interface of a diplexer in a diplexer/amplifier complex after bandpass filtering, and two-to-four wire conversion at the respective forward (e.g. downstream) and reverse (e.g. upstream) input interfaces. A new band-split may be obtained by updating the digital filters using specified coefficient sets determined off-line and retrieved from memory. The flexible diplexer/amplifier complex may enable the implementation of additional functionality including equalization and tilt regeneration, self-interference cancellation, virtual segmentation, and/or creation of auxiliary service points to provide access to/from a small cell base station and/or Wi-Fi access point.

指定代表圖：

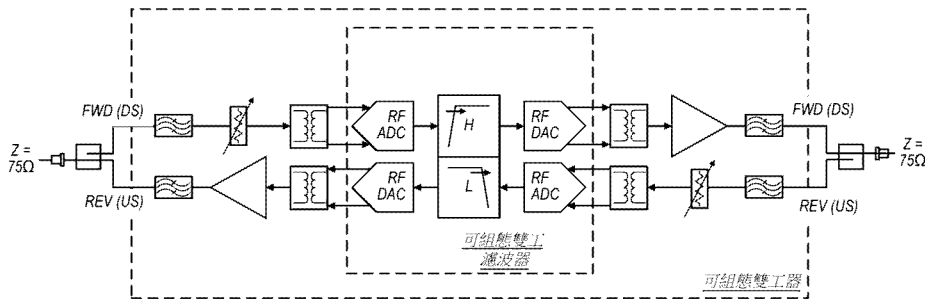
符號簡單說明：

FWD(DS):正向(下游)

REV(US):反向(上游)

RF ADC:射頻類比轉
數位轉換器

RF DAC:射頻數位轉
類比轉換器



【圖8】



I785594

【發明摘要】

【中文發明名稱】

混合光纖同軸電纜部署中之具有動態可組態頻段劃分之彈性雙工器

【英文發明名稱】

FLEXIBLE DIPLEXER WITH DYNAMICALLY CONFIGURABLE
BAND-SPLIT IN HYBRID FIBER COAX DEPLOYMENTS

【中文】

本發明揭示一種彈性雙工器，其可包含能夠在混合光纖同軸有線電視設備/系統部署中之一數位信號處理器(DSP)支援之設計中呈現各種頻段劃分配置之一可程式化重組態濾波器對。該等彈性雙工器可藉此滿足較大範圍之頻段劃分要求，包含所有範圍之頻段劃分要求。可藉由在帶通濾波及各別正向(例如下游)及反向(例如上游)輸入介面處之兩線轉四線轉換之後數位化一雙工器/放大器複合體中之一雙工器之任一輸入介面處之信號來達成可組態性。可藉由使用經離線判定且自記憶體擷取之指定係數集來更新數位濾波器來獲得一新的頻段劃分。該彈性雙工器/放大器複合體可實現包含等化及傾斜再生、自干擾消除、虛擬分段及/或輔助服務點之產生之額外功能之實施以提供對/來自一小型基地台及/或Wi-Fi存取點之存取。

【英文】

A flexible diplexer may include a programmably reconfigurable filter pair capable of rendering a variety of band-split arrangements in a digital signal processor (DSP) backed design in hybrid fiber coaxial cable plant/system deployments. The flexible diplexers may thereby

meet a larger range of band-split requirements, including the full range of band-split requirements. Configurability may be achieved by digitizing the signal at either input interface of a diplexer in a diplexer/amplifier complex after bandpass filtering, and two-to-four wire conversion at the respective forward (e.g. downstream) and reverse (e.g. upstream) input interfaces. A new band-split may be obtained by updating the digital filters using specified coefficient sets determined off-line and retrieved from memory. The flexible diplexer/amplifier complex may enable the implementation of additional functionality including equalization and tilt regeneration, self-interference cancellation, virtual segmentation, and/or creation of auxiliary service points to provide access to/from a small cell base station and/or Wi-Fi access point.

【指定代表圖】

圖8

【代表圖之符號簡單說明】

FWD (DS):正向(下游)

REV (US):反向(上游)

RF ADC:射頻類比轉數位轉換器

RF DAC:射頻數位轉類比轉換器

【發明說明書】

【中文發明名稱】

混合光纖同軸電纜部署中之具有動態可組態頻段劃分之彈性雙工器

【英文發明名稱】

FLEXIBLE DIPLEXER WITH DYNAMICALLY CONFIGURABLE
BAND-SPLIT IN HYBRID FIBER COAX DEPLOYMENTS

【技術領域】

【0001】 本發明大體上係關於數位信號處理，且更具體言之，係關於一種使混合光纖同軸電纜部署中之一動態可組態頻段劃分配置之彈性雙工器。

【先前技術】

【0002】 面對不斷增長的輸送量需求，有線電視業在增加可存取之上游及下游頻寬方面取得很大進展。新世代有線電纜資料服務介面規格(DOCSIS)已使傳輸頻寬分配自其中保留少量頻譜用於上游(US)傳輸之主要下游(DS)廣播(指稱次分岐頻段)發展成更公平之US與DS頻寬分配(取決於分配至US通信之總頻寬之相對部分而指稱中分岐頻段或高分岐頻段)。圖1繪示其中保留頻寬主要用於DS通信之一次分岐傳輸組態，其中保留較小部分之可用頻寬用於US通信。在圖1中所展示之實例中，US頻寬限於低於約40 MHz之頻率。圖2繪示下游頻寬與上游頻寬之間具有一更公平劃分之一中分岐(上圖)及高分岐(下圖)組態，其中上游頻寬在中分岐頻段中限於低於約85 MHz之頻率，且在高分岐頻段中限於低於約204 MHz之頻率。

【0003】 作為其不斷發展的核心，DOCSIS一直推動傳輸頻寬之頻

率上限，自1 GHz移動至1218 MHz (即，1.2 GHz)，且繼續依超過1.2 GHz操作，其上限為1794 MHz (即，1.8 GHz)，指定為擴展頻譜DOCSIS (ESD)。目前正在考慮3 GHz甚至5 GHz之標準操作。此外，多個新增頻段劃分配置亦被視為即將發布的DOCSIS 4.0 PHY規範之一部分，如表1所例示。

建議	電纜試驗/Intel			原始			常用範疇			
	開始 (MHz)	結束 (MHz)	防護頻段 (MHz)	防護頻段負荷	結束 (MHz)	防護頻段 (MHz)	防護頻段負荷	結束 (MHz)	防護頻段 (MHz)	防護頻段負荷
	204	258	54	26.5%	258	54	26.5%	258	54	26.5%
	300	370	70	23.3%	372	72	24.0%	378	78	26.0%
	396	490	94	23.7%	492	96	24.2%	498	102	25.8%
	492	602	110	22.4%	606	114	23.2%	624	132	26.8%
	684	834	150	21.9%	834	150	21.9%	864	180	26.3%

表1：建議頻段劃分配置

雙工器設計考量

【0004】歷史上將雙工器定義為實施頻域多工(FDM)之一被動裝置。一雙工器具有多工至一第三埠(例如，指稱S)上之兩個埠(例如，指稱L及H)。埠L及H上之信號佔據不相交之頻率頻段，且因此L及H上之信號在不干擾彼此的情況下共存於埠S上。一習知雙工器濾波器配置需要一系列固定類比濾波器來滿足所考量之頻段劃分要求之範圍。各濾波器對將實施關於US/DS防護頻段之中心對稱之低通/高通回應之一單一例項。圖3繪示如DOCSIS 4.0中所建議之各種雙工組態中之頻率分配。如圖3中所展示，一負的功率頻譜指示一DS與US之頻段指派。

【0005】一雙工器中之五對濾波器之存在似乎過大、昂貴且對一單一放大器設計而言需要太多功率。全雙工(FDX)設計可帶來進一步複雜

性，需要一非對稱頻段劃分來允許US及DS頻段分配之間的實質重疊，例如一684 MHz US頻段上限與一258 MHz DS頻段下限耦合，如圖4中所描繪。

【0006】 因此，雙工器設計領域需要改良。

【發明內容】

【0007】 本發明呈現一種用於可包含能夠在一數位信號處理器(DSP)支援之設計中呈現各種頻段劃分配置之一(動態)可重組態濾波器對一彈性雙工器之系統及方法的各種實施例。如本文中所揭露，一彈性數位雙工器設計之各種實施例可採用DSP技術來提供重組態濾波器對(例如，能夠被組態之濾波器對)以可程式化地達成各種頻段劃分配置。該等彈性雙工器可藉此併入及滿足較大範圍之頻段劃分要求，可能一單一可程式化重組態設計中之所有範圍之頻段劃分要求。可藉由在帶通濾波及各別正向(例如下游)及反向(例如上游)輸入介面處之兩線轉四線轉換之後數位化RF處之信號(在一雙工器/放大器複合體中之一雙工器之任一輸入介面處採用一RF類比轉數位轉換器(ADC))來達成可組態性。可在任何給定時間藉由使用指定係數集(其可離線判定且自記憶體擷取用於程式化數位濾波器)來更新各別數位低通濾波器及數位高通濾波器來獲得一新的頻段劃分。DSP之使用亦可在雙工器/放大器複合體中實施額外功能以使用各種網路部署場景。此功能包含但不限於沿電纜分段之點處之等化及傾斜再生用於改良信號保真度，自干擾消除以在全雙工的情況下允許上游頻率頻段與下游頻率頻段之間的減少防護頻段或上游與下游之間的頻段重疊，透過使用中繼器來利用高於經指派上游/下游頻段之頻率範圍產生專用端點之間的一高速運輸之有線電視設備之虛擬分段，及/或輔助服務點之建立以提供對/來

自一小型基地台及/或Wi-Fi存取點或其他回程網路站台之存取。

【0008】 本[發明內容]意欲提供本文件中所描述之標的之若干者之一簡短概要。因此，應瞭解，上述特徵僅為實例且絕不應視為限制本文中所述之標的之範疇或精神。將自下列[實施方式]、[圖式]及[申請專利範圍]明白本文中所描述之標的之其他特徵、態樣及優點。

【圖式簡單說明】

【0009】 可在結合以下圖式考量之較佳實施例之以下詳細描述獲得本發明之一較佳理解，其中：

【0010】 圖1繪示一傳輸電纜中之一次分岐頻段組態；

【0011】 圖2繪示一傳輸電纜中之中分岐頻段及高分岐頻段組態；

【0012】 圖3繪示用於各種雙工組態之頻率分配；

【0013】 圖4繪示用於一全雙工雙工器配置之頻率分配；

【0014】 圖5繪示包含一電纜節點中之一放大器及亦包含多個額外放大器之一有線電視系統組態；

【0015】 圖6繪示包含一電纜節點中之一放大器但不包含多個額外放大器之一有線電視系統組態；

【0016】 圖7繪示具有固定類比雙工器之一習知放大器設計；

【0017】 圖8繪示根據一些實施例之具有採用數位信號處理之雙工器之一彈性放大器設計；

【0018】 圖9繪示根據一些實施例之具有採用數位信號處理且實施額外信號處理特徵之雙工器之一彈性放大器；

【0019】 圖10展示繪示相鄰頻道干擾(ACI)及相鄰洩露干擾(ALI)場景之一例示性信號圖；

【0020】 圖11展示繪示潛在DOCSIS DS/US自干擾場景之一例示性系統圖；

【0021】 圖12展示繪示DS回波回應及類比回波消除之一例示性系統圖；

【0022】 圖13展示繪示根據一些實施例之用主動干擾消除(ACI)來實施之彈性雙工器之一例示性電路圖；

【0023】 圖14繪示具有雙工器之一放大器設計及具有虛擬分段之頻譜分配；

【0024】 圖15繪示具有虛擬分段之頻譜分配之一實例；及

【0025】 圖16繪示具有沿電纜線部署之多個輔助服務存取點之一有線電視系統。

【0026】 儘管本發明易受各種修改及替代形式影響，但其特定實施例依實例方式在圖式中展示且在本文中詳細描述。然而，應瞭解，圖式及其詳細描述不意欲將本發明限於所揭示之特定形式，但相反，本發明覆蓋落入如隨附申請專利範圍所界定之本發明之精神及範疇內之所有修改、等效物及替代物。

【實施方式】

【0027】 優先權主張

本申請案主張2020年5月5日申請之名稱為「Flexible Diplexer with Dynamically Configurable Band-Split in Hybrid Fiber Coax Deployments」之專利申請案第63/020,094號之優先權之權利，該案之全文以引用方式全部併入本文中。

首字母縮略詞

【0028】 本發明中使用各種首字母縮略詞。以下提供可能在本發明中出現之最突出使用之首字母縮略詞之定義：

ACI	相鄰頻道干擾
ADC	類比轉數位轉換器
AIC	主動干擾消除
ALI	相鄰洩露干擾
BW	頻寬
CATV	有線電視
CE	頻道估計
CM	有線電視數據機
CMTS	有線電視數據機終端系統
CP	循環首碼
DAC	數位轉類比轉換器
DDC	數位降頻轉換
DMR	資料記憶體及路由
DOCSIS	有線電纜資料服務介面規格
DS	下游
DSP	數位信號處理器
DUC	數位升頻轉換
EC	回波消除
ESD	擴展頻譜DOCSIS
EQ	等化
FD	全雙工

FDD	分頻雙工
FDX	全雙工
FFT	離散傅立葉變換
FN	光纖節點
FWD	正向
HaaS	硬體即服務
HFC	混合光纖同軸電纜
IFFT	反向快速傅立葉變換
MAC	媒體存取控制
MHz	兆赫
OFDM	正交分頻多工
OLT	光路終端機
PE	處理元件
PHY	實體層
REV	反向
RM CP	移除循環首碼
RP	中繼器
RPD	遠端PHY裝置
RF	射頻
RS	參考信號
RX	接收
SC	副載波
SDR	軟體界定射頻

SDS	軟體界定系統
SIC	自干擾消除
TX	傳輸
US	上游
VS	虛擬分段

【0029】如將在下文進一步詳細描述，一彈性雙工配置之各種實施例可能夠滿足頻段要求之所有範圍，包括未來規範版本中可能出現之頻段要求，例如減小之防護頻段、額外頻段劃分及/或頻率擴展至3 GHz或5 GHz及/或更高。

混合光纖同軸電纜(HFC)部署場景

【0030】一雙工器(即，雙工濾波器對)可呈現為整個有線電視設備或有線電視系統中發現之各放大器之一整體部分。一跨距中放大器的出現，及因此一給定有線電視設備或有線電視系統中放大器之總數通常反映在節點組態中。例如，在一「節點+N」部署中，例如在農村及/或人口較少之郊區部署中，可包含(或使用)除在電纜節點本身(例如，光纖節點)中之外的N個放大器，如圖5中所繪示。如圖5中所見，分接頭由正方形表示，且引進線跨距涵蓋來自一放大器之所有引進線，而最右端之分接頭10指示一個引進線。

【0031】相比而言，在一「節點+0」部署中，例如在密集城市區域中之部署及/或其他深層光纖部署中，消除有線電視數據機(CM)及遠端實體層裝置(RPD；例如光纖節點)中存在之放大器外的放大器，如圖6中所繪示。迄今為止，全雙工(FDX)操作已降級為「節點+0」組態，指示一被動設備(例如，分接頭處或沿分接頭以及進入/離開RPD之分接頭及進入/離

開CM之引進線之間的電纜跨距無主動組件)。如圖6中所見，有線電視設備中之各種跨距由具有箭頭之對應標記線指示。各種虛線指示潛在信號路徑。特定而言，分接頭T₂下方之曲線指示自一個CM至另一CM之一潛在信號/干擾路徑。

雙工濾波器配置

【0032】 為克服因使用傳統雙工器帶來的諸多限制，一彈性雙工器可包含能夠在一數位信號處理(DSP)支援之設計中呈現各種頻段劃分配置之一可重組態濾波器對。換言之，如本文中所揭露，一雙工器設計之各種實施例可採用DSP技術來提供可重組態濾波器對(例如，能夠被組態之濾波器對)以可程式化地達成各種頻段劃分配置。

【0033】 圖7繪示採用在正向FWD (或下游，DS)及反向REV (或上游，US) I/O介面呈現之固定類比(即，非DSP支援)雙工器之一習知放大器設計。各建議之頻段劃分需要一單獨濾波器對，包含容納一全雙工組態所需之濾波器對。

彈性雙工器設計

【0034】 圖8繪示根據本文中所描述之一些實施例之一例示性彈性雙工器，其可併入數位濾波器以界定許多指定頻段劃分。與具有類比雙工器之習知放大器設計相比，彈性雙工器包含可併入較大範圍之頻段劃分要求(可能一單一可重組態設計中之所有範圍之頻段劃分要求)之一DSP支援之設計。如圖8中所見，可藉由在各別FWD及REV輸入介面處之帶通濾波及兩線轉四線轉換之後數位化RF處之信號(在任一輸入介面處採用一RF ADC)來實現設計可組態性。放大器可無需包含嚴格的輸入/輸出介面，因為US及DS信號可在任一介面處組合。如在本文中所引用，輸入係指在面

向有線電視數據機(CM)或遠端PHY裝置(RPD)之介面處耦合之信號。可根據位於信號處理複合體之中心處之低/高通濾波器特徵來呈現一指定頻段劃分，由頂部信號鏈中之高通濾波器及底部信號鏈中之低通濾波器指示。信號可經由一各別ADC輸入至可組態雙工濾波器且經由一各別RF DAC自可組態雙工濾波器輸出，且在各別FWD及REV輸出介面處進行四線轉兩線轉換。

設計重組態

【0035】 使用指定係數集來更新各別低通濾波器及高通濾波器可影響(或建立)一新的頻段劃分。在一些實施例中，係數可經離線(即，不在有線電視設備或有線電視系統之直接控制下)判定且可自記憶體擷取以允許DSP實施來自DSP資源之一共同分配之諸多濾波器之一者。換言之，可自一共同軟體界定無線電(SDR)硬體複合體實施多個濾波器，包含根據需要容納FDX所需之濾波器。經適當組態，DSP支援之放大器之領域可允許必要的頻段重疊以將FDX帶入「節點+N」部署。在一SDR實施方案中，根據自有線電視數據機終端系統(CMTS)發出信號，可在整個節點範圍內動態完成設計重組態。提供足夠的DSP處理輸送量，則可增大上頻段邊緣以將頻寬能力擴展至較高頻率，例如達到3 GHz或5 GHz之上頻段邊緣。

動態系統組態

【0036】 整個有線電視設備(或有線電視系統)中分佈之DSP (包含各放大器位置)可允許根據CMTS發出之信號動態組態頻段劃分。自諸多不同(例如，先前確定判定及/或指定)組態選擇，可在每個光纖節點跨距或整個設備/系統範圍內指派頻段劃分。分配可自大多數DS轉移至大多數US或兩者之間的任何混合。在一些實施例中，在節點跨距上可見之每個裝置可

遵循相同的頻段劃分組態。目的可為解決即時頻寬需求之變化以回應於惡劣天氣、緊急情況、大流行或一些其他特殊事件而將US與DS頻譜之分配根據一天中之時間、一週中之某天、假期計劃而變化。

一彈性雙工器配置中之額外功能特徵

【0037】 給定一DSP基礎，可輕易獲得額外設施及功能以併入有線電視設備或系統之任何地方。此外，任何未用資源可保持黑暗(例如斷電)保留以備未來使用。亦應注意，可區分至少兩種不同類型之DSP用於與本文中所揭露之各種實施例有關之DSP之討論。一第一類型之DSP可涵蓋執行習知類比信號調節(例如等化、傾斜調整、再生及頻段劃分)，而一更複雜之第二類型之DSP可(尤其)涵蓋接收雜訊及具有已知格式之US或DS寬頻信號、將信號解碼成位元、採用錯誤校正來移除接收之位元錯誤、視情況對副頻道執行新增/刪除及再生一再新寬頻信號以傳輸其他US或DS之程序。

額外功能之實例包含：

- 藉由中間信號調節來啟用之功能：
 - (各放大器位點處)沿電纜分段之點處之等化及傾斜再生以提高信號保真度；及
 - 自干擾消除(放大器位點以及CM及RPD端點處)以允許減少US與DS (若非FDX本身)之間的防護頻段(「節點+N」設備部署已禁止很久)；
- 藉由次級及三級頻段劃分來啟用之功能：
 - 透過使用中繼器來利用高於指定US/DS頻段之頻率範圍產生專用端點之間的一高速運輸之有線電視設備之虛擬分段(VS)；及

- 輔助服務點(自一給定放大器位點)以提供對/來自一小型基地台及/或Wi-Fi存取點或其他回程網路站台之存取。

下文進一步描述以上特徵。

中間信號調節

【0038】 如上文所提及，一DSP支援之設計可經進一步擴展以提供信號調節以緩解頻道本身以及組件漂移/老化引起之不利影響。首先，可考量未明確瞭解基本符號結構及導頻排程之情況下之信號調節。可藉由在中間放大器位置重新等化信號來增強US/DS信號保真度。一OFDM符號表示資料囊封之一形式。網路中任何接收器放大器上之頻域符號內容反映自前一傳輸放大器以來遇到的頻道回應而受到損害之原始資料集。假設所指派之循環首碼(CP)長於頻道延遲擴展，則可藉由每個副載波之一單一分接頭等化器來補償來自放大器之間的之頻道回應，將在下文進一步描述。可新增自干擾消除之方法以改良動態信號範圍或依其他方式擴展放大器之間的可容忍跨距，藉此最小化設備投資，尤其需要考慮同軸電纜在較高頻率下之額外信號衰減，因為操作需要超過3 GHz或5 GHz。既有放大器位點處之額外數位信號處理可幫助抵消歸因於較高頻率下新增之衰減之信號保真度損失增加。

【0039】 重新等化及信號傾斜 - 可進一步考量能夠在瞭解基本符號結構及導頻排程之情況下解調變為位元之一更複雜的方法。因此，假設瞭解US/DS排程(即，副頻道BW)、副載波(SC)分配、導頻排程及相關聯參考信號(RS)，即可在以下之後重新等化承載資料之SC：每個副頻道應用之數位降頻轉換(DDC)、循環首碼(CP)移除及使用頻域技術(其等通常包含於一典型接收器設計中)之傅立葉變換(FFT)。可在頻域中處理時另外重

新應用DS傾斜。信號可經由反向傅立葉變換(IFFT)返回至時域。可恢復CP及窗錐度，接著在每個副頻道應用數位升頻變換(DUC)，如圖9中所描繪。如圖9中所展示，RS表示特定於OFDM信號參考信號。符號同步用於將傅立葉變換與取樣符號時間對準。傅立葉變換(FFT及IFFT)可在複雜樣本上使用複雜數學。RF ADC在一組時間點 $\{t_{Ii}, t_{Qi}\}$ 產生同相及正交(複數)樣本。時間點可在數位電路(HyperX)中產生且可在時間上統一或視情況不統一-用於額外自干擾抑制。應注意，去同步干擾通常可在主信號處理中表現為隨機雜訊。

自干擾

【0040】用數位處理代替固定類比雙工濾波器可產生沿一個方向行進且耦合至沿相反方向行進之接收信號之傳輸信號之電位。由於歸因於放大器輸出處之互調失真之旁瓣能量進入有線電視設備時未經相鄰洩漏干擾(ALI)之形式之濾波，所以此耦合可表現為非所要自干擾。當FWD (DS)傳輸器輸出耦合/反射回至REV (US)接收路徑時，放大器輸入及其對應輸出處看到的信號位準差異可另外引起非所要的相鄰頻道干擾(ACI)。同樣地，REV (US)傳輸器輸出可耦合反射回至FWD (DS)接收路徑。圖10中繪示上文所提及之效果，在各別陰影區域中標出ALI及ACI。

【0041】自干擾場景-通過圖11中之簡化例示系統圖進一步繪示DS/US自干擾場景。來自一光纖節點(FN)之DS TX信號可根據頻道脈衝回應 h_{00} 來耦合回至FN中之對應US RX。依一類似方式，來自一有線電視數據機之US TX可能根據頻道脈衝回應 h_{11} 來耦合到至其自身或一相鄰DS RX。然而，隨著FDX之引入，DOCSIS界定用於識別有線電視數據機群組(稱為干擾群組，若允許其等在一給定副頻段中同時傳輸及接收，則會

彼此干擾)之一聲測方法。對一給定副頻段中之TX/RX機會進行排程使得TX及RX機會在屬於相同干擾群組之CM之間不重疊。考慮到可使用一單獨機制來緩解CM方面的問題，此考量在很大程度上將SIC問題限制於FN。參考圖12，可藉由檢查一給定設備組態中分接頭之分佈(圖12中所繪示)來得出對DS回波回應之一理解，其中考慮到分接頭位置處之一阻抗失配的可能性，各分接頭表示一潛在回波源。在DS方向上所見之分接頭之分佈導致與自FN至各分接頭位置之往返延遲成比例間隔之一系列回波。時域脈衝回應(h_{11})及對應頻域頻道回應之曲線如圖12中所展示。

【0042】 可經由一可組態FDD或FDX放大器中採用之類比及數位技術之一混合來減輕有害的自干擾效應。主動干擾消除(AIC)之主要目標係將干擾信號抑制為可由類比轉數位轉換器(ADC)線性傳遞之一位準。給定HyperX處理器或一類似架構，可藉由經由一輔助傳輸器傳遞一互補信號(即，與干擾信號異相 180° 之一信號)來完成類比消除。該消除信號在RX輸入處提供至一組合器時移除干擾DS信號能量，藉此抑制其對資料轉換及後續數位處理之影響。任何殘餘回波可藉由一次級純數位回波消除階段來緩解。圖13提供一FDD及一FDX部署組態兩者中之一配備AIC之彈性雙工器之一簡化電路圖。應注意，FDD及FDX部署組態僅藉由分別面向DS之高通濾波器1302及1304中是否存在可變性來區分。在FDD情況中，使HPF截止頻率可變(表示為258至602)以實現各種頻段劃分。在FDX情況中，HPF截止保持固定(指示為108)以藉由改變面向US之低通濾波器(LFP) 1306中的截止頻率來實現不同頻段重疊。眾所周知，ADC具有一有限動態範圍，因此執行類比消除以減少干擾以獲得ADC範圍內之所要信號。數位干擾消除接著可消除殘餘干擾。

【0043】 給定嵌入一資料記憶體及(DMR)陣列中之可組態處理元件(PE)之混合，HyperX處理器發揮了獨特作用。可根據需要指派多個PE來估計回波回應，主要作為類比EC階段之部分，且根據需要作為任何殘餘數位EC調用DMR之部分以支援PE處理。PE資源亦可用於將DS TX信號與估計之回波回應迴旋以饋送AIC信號輸出，根據需要再次提供DMR支援。數位回波消除可涉及DS TX與US RX信號之間的類似迴旋及信號組合步驟。

【0044】 根據在頻道估計期間判定之回應，DMR可作為饋送輔助AIC信號之一延遲線發揮額外作用。如表2中所繪示，DMR記憶體提供足夠時間分辨率來界定回波回應，對應干擾頻寬接近600 MHz，處理器時鐘僅為1.15 GHz。與適當類比及混合信號分量(例如ADC及DAC)組合，HyperX處理器可在可經組態以適應各種頻段劃分/頻段集及信號頻寬之一自干擾消除解決方案中發揮作用。

所需延遲線間隔							
FDX頻 段集	上游		下游		回波BW (MHz)	解析度 (ns)	最小時 鐘 (GHz)
	fl (MHz)	fh (MHz)	fl (MHz)	fh (MHz)			
1	85	204	108	1794	96	5.21	0.19
2	85	300	108	1794	192	2.60	0.38
3	85	396	108	1794	288	1.74	0.58
4	85	492	108	1794	384	1.30	0.77
5	85	684	108	1794	576	0.87	1.15

表2: AIC延遲線要求

虛擬分段

【0045】 有線電視設備(或系統)之VS可經由一次級頻段劃分接著三次劃分以將VS US與VS DS隔離來完成，如圖14中所描繪。

【0046】 次級頻段劃分 - 定位於指定DOCSIS上頻段邊緣上方，例如1 GHz，1.2 GHz或1.8 GHz，虛擬分段(VS)提供自光纖節點(FN)至

RPD之一專用傳輸，其中額外光纖支出有限。實施為一疊對服務，VS對於基本廣播及有線電視數據機服務操作不可見。VS充當一中繼器，繞過放大器且在與經放大DOCSIS輸出再次多工之前重新產生在一輸入埠上所見之信號。圖15中繪示用VS頻譜分配之一實例。次級頻段劃分將DOCSIS信號(來自DOCSIS/VIS劃分之底部信號路徑)與虛擬段信號(來自DOCSIS/VIS劃分之上部信號路徑)隔離，上部信號路徑中之三級劃分將各別中繼器之US與DS部分隔離。所需信號處理可如所描述一般適中以使信號在中間點重新等化，且複雜度上升至解調變及解碼VS副頻道回到使用者位元接著重新編碼及重新調變所需的程度。

【0047】 *輔助服務點* - 若被解調變為位元，則VS副頻道串流之一者或全部可引導至另一存取網路(例如Wi-Fi或3GPP)以形成輔助服務存取點。輔助服務點可進一步使自己適合於一SDR實施。根據需要沿電纜線部署，可與VS傳輸/接收(TX/RX)數位信號處理一起考量一Wi-Fi存取點、小型基地台、低功耗廣播傳輸器及/或回程收發器之需求，增加彈性以使存取協定適應不斷變化的訊務需求以及基本標準規範(例如Wi-Fi 6、3GPP 5G NR，ATSC 3.x)之進步。圖16中繪示用虛擬分段實施之一例示性有線電視系統之一簡化系統圖。各VS中繼站可包含根據本文中所描述之各種實施例實施之彈性雙工器。

內聯網路處理

【0048】 在中間服務點處解調變為位元可實現內聯即時網路處理之可能性。可在中間服務點存取之內聯網路處理之實例可包含：

- 經界定服務存取點之間及其等內之多層多服務交換及路由；
- 安全性 - 防火牆、VPN識別、政策強制執行及統計資訊收集、加密

等等；

- 分類 - 存取控制、篩選器、計費等等；及
- 封包編輯 - 分段、複製、鏡像處理、位址轉換、強健標頭壓縮等等。

【0049】 一SDR方法之一目的係實現DSP能力之不斷發展。一SDR方法可提供用於一系列部署場景之充足處理輸送量、持續高頻段擴展、增強之信號保真度(尤其鑑於使用較高頻率)、指定頻段劃分之持續演進及ESD半雙工/全雙工能力。一DSP支援之放大器提供一彈性設計方法以使硬體即服務(HaaS)能夠基於具有滾動特徵部署之增量費用表遠端更新。可藉由過度佈建DSP複合體來啟用HaaS。可需要收取定期維護費用以確保及早使用最新特徵，例如，頻寬擴展、中間重新等化及/或自干擾消除。

DSP支援之基於SDR之雙工器設計之潛在優勢

【0050】 如本文中所揭露之具有彈性雙工器之DSP支援之放大器之實施例可將各種系統優勢提供給HFC網路運營商，例如下文將概述。

彈性雙工配置：

【0051】 介紹了放大器位置處之信號處理以改變來自CMTS或一些其他集中式實體之命令之頻段劃分：

- 允許經由DOCSIS標準化程序達成一致之多個頻段劃分組態。
- 另外，允許轉譯FDX頻段分配，亦由該標準規定。
- 選定之頻段劃分可僅限於節點跨距、RPD及RPD或有線電視設備之信號輸送量。將指示任何可存取RPD及CM效仿。

【0052】 給定一彈性頻段劃分配置，可通過在各DSP支援之放大器站使用修正之濾波器係數集來實現未來組態。

- 可在初始標準發布之後界定額外頻段劃分。
- US與DS分配之間的防護頻段可超出初始標準發佈變化。

動態可組態頻段劃分

【0053】 給定一DSP支援之設備組態，頻段劃分可經動態組態以解決使用模式隨使用(即時)負載需求、一天中之時間、一週中之某天、計劃之假期、惡劣天氣條件、緊急情況、大流行或其他特殊事件或情況變化之轉換。

【0054】 可在每個節點跨距自各RPD或自一共同CMTS全域發送信號通知頻寬分配之轉換。

【0055】 US與DS頻寬之分配可自大多數DS至多數US、DS最多而US最少(或反之亦然)或兩者之間的任何混合改變。

【0056】 可再次基於輸送量需求來改變分配給FDX之頻寬比例。

【0057】 *自干擾消除* - 給定放大器輸入及輸出處信號位準之差異，可通過額外(或新增)信號處理來緩解ACI。給定由於放大器輸出處之互調失真之旁瓣能量未經濾波通過之可能性，可通過額外(新增)信號處理來緩解ALI。

中間信號調節

【0058】 給定DSP支援之放大器，可在中間點引入一定位準之信號調節，以利用由OFDM符號表示提供之資料囊封以在信號通過放大器至放大器時提高下游信號保真度。此信號調節之實例包含：

- 重新等化*：給定頻寬分配、信號尺寸(例如FFT大小、CP及滾降長度)及導頻排程，可估計自先前傳輸器遇到之頻道回應，在每個符號基礎上等化，等化後重新插入導頻，重新應用CP且滾降，接著傳遞

至輸出放大器。

- *自干擾消除*：給定放大器輸入及輸出處之信號位準之差異，可新增信號處理以緩解ACI。給定歸因於放大器輸出處之互調失真之旁瓣能量未經濾波通過之可能性，可新增信號處理以緩解ALI。
- *主動權衡*：可在每個放大器站部署之DSP之位準與需要額外放大器以在擴展信號頻寬(例如3 GHz或5 GHz)中達成一所要跨距及範圍之間進行權衡。因此，信號處理可用於提高信號保真度且將頻段支援擴展至3 GHz或5 GHz而無需額外放大器或放大器之間更緊密的間隔。

虛擬分段

【0059】 次級頻段劃分

- 引入一次級可組態濾波器對以將一專有VS傳輸與標準DOCSIS US/DS隔離。調諧濾波器係數以適應DOCSIS上頻帶邊緣之一範圍。使VS信號通過放大器至放大器可與DOCSIS US/DS隔離。
- 引入一第三濾波器對以將VS US與DS隔離。根據VS US|DS頻寬分配來調諧濾波器係數。

【0060】 *中繼器* - 可新增在US及DS方向上都適用之一全信號中繼器，以擴展上文所描述之中間信號調節所獲得之改良。除重新等化之外，中繼器亦可負責將OFDM符號內容解調變/解碼為使用者資料位元，接著重新編碼/重新調變信號以確保在放大器之間不傳播錯誤。由於完全的解調變/解碼表示實質上大於僅重新等化之一運算負荷，因此可與DSP功能成本或功耗相平衡以達到此位準之調節需要。

【0061】 輔助服務點

- 可在選擇放大器位置引入額外信號處理以解調變及解碼/重新編碼及重新調變VS傳輸至使用者位元及/或自使用者位元之VS傳輸。此等位元可引導至/自一輔助存取網路，例如，Wi-Fi、5G小型小區、ATSC低功耗傳輸器。
- 給定一SDR平台，則可更新基本輔助服務協定。

可擴展的處理資源

【0062】 提供能夠滿足DSP輸送能力之一上部頻段之處理資源之一過量以啟用硬體即服務(HaaS)。

【0063】 持續設計演進之可能性，根據需要調用資源以適應新增特徵，例如以下依複雜度順序列出之特徵：

- 可重組態雙工濾波；
- 中間重新等化及傾斜；
- 自干擾消除；
- 擴展頻寬；
- 虛擬分段；及/或
- 具有輔助服務點之虛擬分段。

【0064】 儘管上文已描述具體實施例，但即使相對於一特定特徵描述僅一單一實施例，此等實施例亦不意欲限制本發明之範疇。儘管已非常詳細地描述以上實施例，但一旦充分瞭解以上揭示，熟習技術者將明白許多變化及修改。意欲將以下申請專利範圍解譯為包含所有此等變化及修改。

【0065】 除非另有說明，否則本發明中提供之實例及特徵意在說明而非限制。受益於本發明之熟習技術者將明白，以上描述意欲覆蓋此等替

代、修改及等效物。

【0066】 本發明之範疇包含本文中所揭示之任何特徵或特徵之組合(明確地或隱含地)或其任何概括，不論其是否緩解本文中所解決之任何或所有問題。因此，可在本申請案(或要求其優先權之申請案)之審查期間對特徵之任何此組合提出新的技術方案。特定而言，附屬技術方案之特徵可與獨立技術方案之特徵及來自各別獨立技術方案之特徵依任何適當方式組合且不僅依隨附申請專利範圍中所列舉之特定組合。

【符號說明】

【0067】

108:HPF截止保持固定

258至602:HPF截止頻率可變

1302:高通濾波器

1304:高通濾波器

1306:低通濾波器(LFP)

DS:下游

FWD:正向

H:埠

L:埠

REV:反向

RF ADC:射頻類比轉數位轉換器

RF DAC:射頻數位轉類比轉換器

S:埠

US:上游

【發明申請專利範圍】

【請求項1】

一種動態可組態雙工器，該雙工器包括：

一上游輸入埠及一上游輸出埠，其等經組態用於通過一電纜網路之上游通信；

一下游輸入埠及一下游輸出埠，其等經組態用於通過該電纜網路之下游通信；及

一對數位濾波器，其等包括將該上游輸入埠耦合至該上游輸出埠之一第一數位濾波器及將該下游輸入埠耦合至該下游輸出埠之一第二數位濾波器，其中該對數位濾波器係可程式化組態以將通過該雙工器之信號之一總頻寬之一第一部分分配至該等上游通信且將該總頻寬之一第二部分分配至該等下游通信。

【請求項2】

如請求項1之雙工器，其中該第一數位濾波器係一數位低通濾波器且該第二數位濾波器係一數位高通濾波器。

【請求項3】

如請求項1之雙工器，其中該對數位濾波器經組態以根據一可程式化組態之濾波器係數集來操作。

【請求項4】

如請求項3之雙工器，其中該可程式化組態之濾波器係數集擷取自記憶體。

【請求項5】

如請求項1之雙工器，其進一步包括：

一第一類比轉數位轉換器(ADC)，其經組態以將該上游輸入埠處接收之一類比上游信號轉換成一對應數位上游信號且將該數位上游信號提供至該第一數位濾波器；

一第二ADC，其經組態以將該下游輸入埠處接收之一類比下游信號轉換成一對應數位下游信號且將該數位下游信號提供至該第二數位濾波器；

一第一數位轉類比轉換器(DAC)，其經組態以將自該第一數位濾波器接收之一經濾波數位上游信號轉換成一對應類比上游信號且將該類比上游信號提供至該上游輸出埠；及

一第二DAC，其經組態以將自該第二數位濾波器接收之一經濾波數位下游信號轉換成一對應類比下游信號且將該類比下游信號提供至該下游輸出埠。

【請求項6】

如請求項1之雙工器，其進一步包括：

一第一放大器，其經組態以放大該等上游通信之一上游信號且將該經放大上游信號提供至該上游輸出埠；及

一第二放大器，其經組態以放大該等下游通信之一下游信號且將該經放大下游信號提供至該下游輸出埠。

【請求項7】

如請求項1之雙工器，其進一步包括：

控制電路系統，其經組態以執行包括以下之一或多者之操作：

等化及傾斜再生；

自干擾消除；或

信號重調節。

【請求項8】

如請求項7之雙工器，其中該控制電路包括：

一類比回波消除階段，其經組態以緩解干擾下游信號能量以抑制干擾下游信號能量對資料轉換及/或後續數位處理之一影響。

【請求項9】

如請求項8之雙工器，其中該控制電路進一步包括：

一數位回波消除階段，其經組態以緩解在由該類比回波消除階段執行之緩解之後保留之殘餘干擾下游信號能量。

【請求項10】

一種網路節點站，其包括：

一雙向埠，其用於上游及下游通信；及

一雙工器，其包括：

一上游輸入埠及一上游輸出埠，其等經組態用於經由該雙向埠之上游通信；

一下游輸入埠及一下游輸出埠，其等經組態用於經由該雙向埠之下游通信；及

一對數位濾波器，其等包括將該上游輸入埠耦合至該上游輸出埠之一第一數位濾波器及將該下游輸入埠耦合至該下游輸出埠之一第二數位濾波器，其中該對數位濾波器係可程式化組態以將通過該雙工器之信號之一總頻寬之一第一部分分配至該等上游通信且將該總頻寬之一第二部分分配至該等下游通信。

【請求項11】

如請求項10之網路節點站，其中該對數位濾波器經組態以根據一可程式化組態之濾波器係數集來操作。

【請求項12】

如請求項11之網路節點站，其中該可程式化組態之濾波器係數集擷取自記憶體。

【請求項13】

如請求項10之網路節點站，其進一步包括：

一第一類比轉數位轉換器(ADC)，其經組態以將該上游輸入埠處接收之一類比上游信號轉換成一對應數位上游信號且將該數位上游信號提供至該第一數位濾波器；

一第二ADC，其經組態以將該下游輸入埠處接收之一類比下游信號轉換成一對應數位下游信號且將該數位下游信號提供至該第二數位濾波器；

一第一數位轉類比轉換器(DAC)，其經組態以將自該第一數位濾波器接收之一經濾波數位上游信號轉換成一對應類比上游信號且將該類比上游信號提供至該上游輸出埠；及

一第二DAC，其經組態以將自該第二數位濾波器接收之一經濾波數位下游信號轉換成一對應類比下游信號且將該類比下游信號提供至該下游輸出埠。

【請求項14】

如請求項10之網路節點站，其進一步包括：

一第一放大器，其經組態以放大該等上游通信之一上游信號且將該經放大上游信號提供至該上游輸出埠；及

一第二放大器，其經組態以放大該等下游通信之一下游信號且將該經放大下游信號提供至該下游輸出埠。

【請求項15】

如請求項10之網路節點站，其進一步包括：

控制電路系統，其經組態以執行包括以下之一或多者之操作：

等化及傾斜再生；

自干擾消除；或

信號重調節。

【請求項16】

如請求項15之網路節點站，其中該控制電路包括：

一類比回波消除階段，其經組態以緩解干擾下游信號能量以抑制干擾下游信號能量對資料轉換及/或後續數位處理之一影響。

【請求項17】

如請求項16之網路節點站，其中該控制電路進一步包括：

一數位回波消除階段，其經組態以緩解在由該類比回波消除階段執行之緩解之後保留之殘餘干擾下游信號能量。

【請求項18】

一有線通信裝置，其包括：

一非暫時性電腦可讀記憶體媒體；

一或多個處理器，其等通信地耦合至該非暫時性電腦可讀記憶體媒體；及

一雙工器，其經組態以促進該有線通信裝置之上游及下游通信，該雙工器包括：

一上游輸入埠及一上游輸出埠，其等經組態用於該等上游通信；

一下游輸入埠及一下游輸出埠，其等經組態用於該等下游通信；

及

一對數位濾波器，其等包括將該上游輸入埠耦合至該上游輸出埠之一第一數位濾波器及將該下游輸入埠耦合至該下游輸出埠之一第二數位濾波器，其中該對數位濾波器係可程式化組態以將通過該雙工器之信號之一總頻寬之一第一部分分配至該等上游通信且將該總頻寬之一第二部分分配至該等下游通信。

【請求項19】

如請求項18之有線通信裝置，其中該雙工器進一步包括：

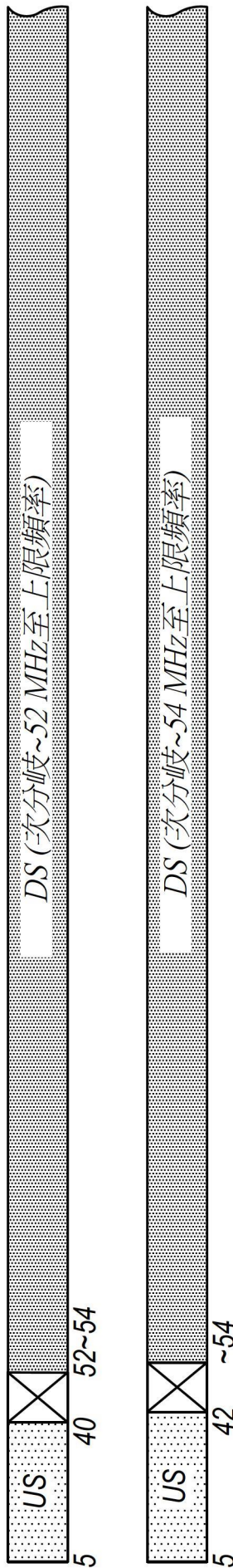
一類比回波消除階段，其經組態以緩解干擾下游信號能量以抑制干擾下游信號能量對資料轉換及/或後續數位處理之一影響。

【請求項20】

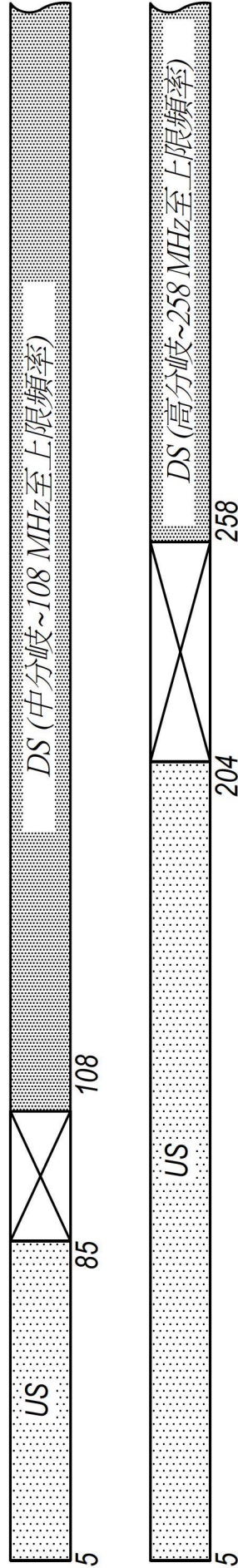
如請求項19之有線通信裝置，其中該雙工器進一步包括：

一數位回波消除階段，其經組態以緩解在由該類比回波消除階段執行之緩解之後保留之殘餘干擾下游信號能量。

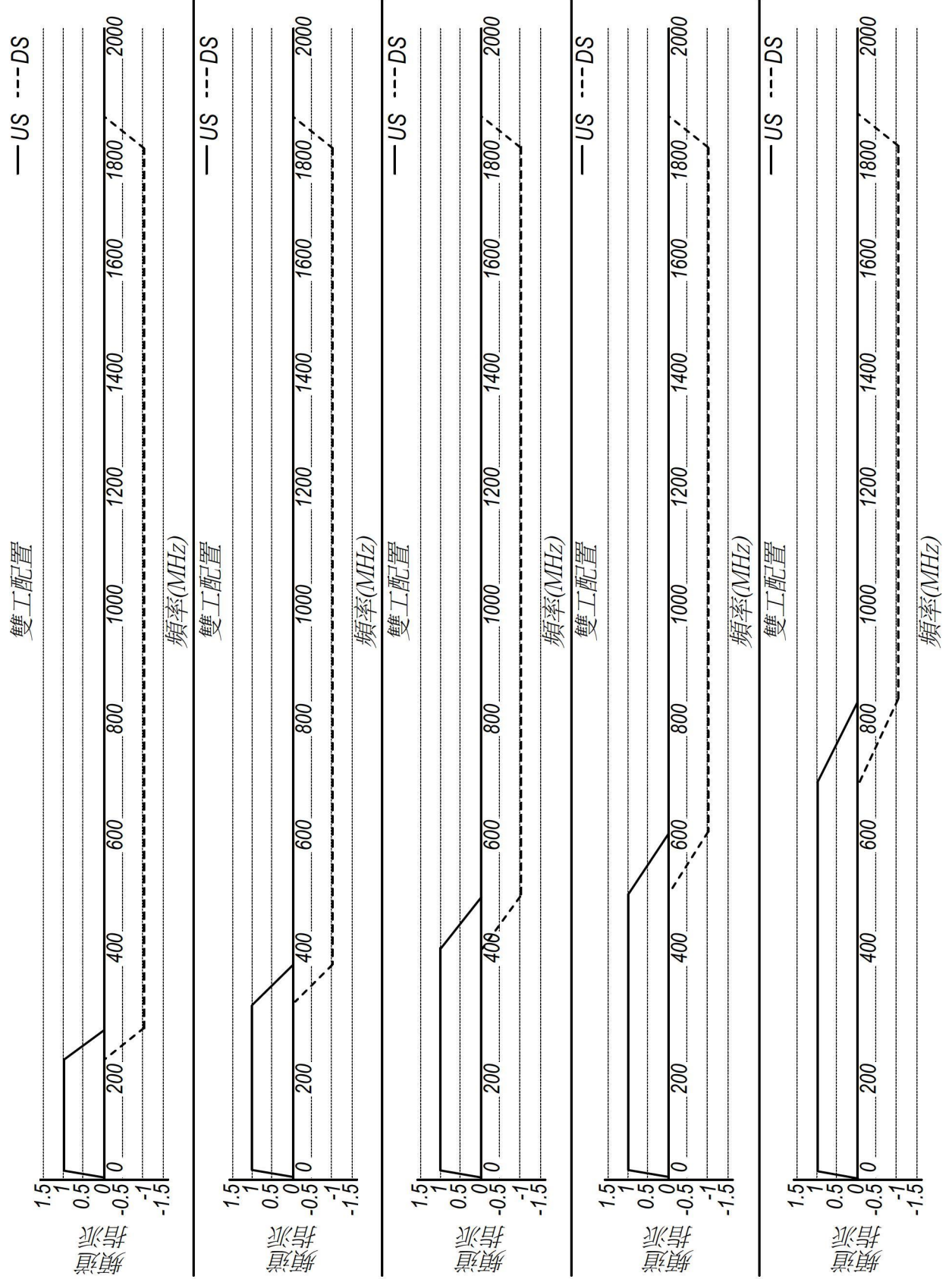
【發明圖式】



【圖1】

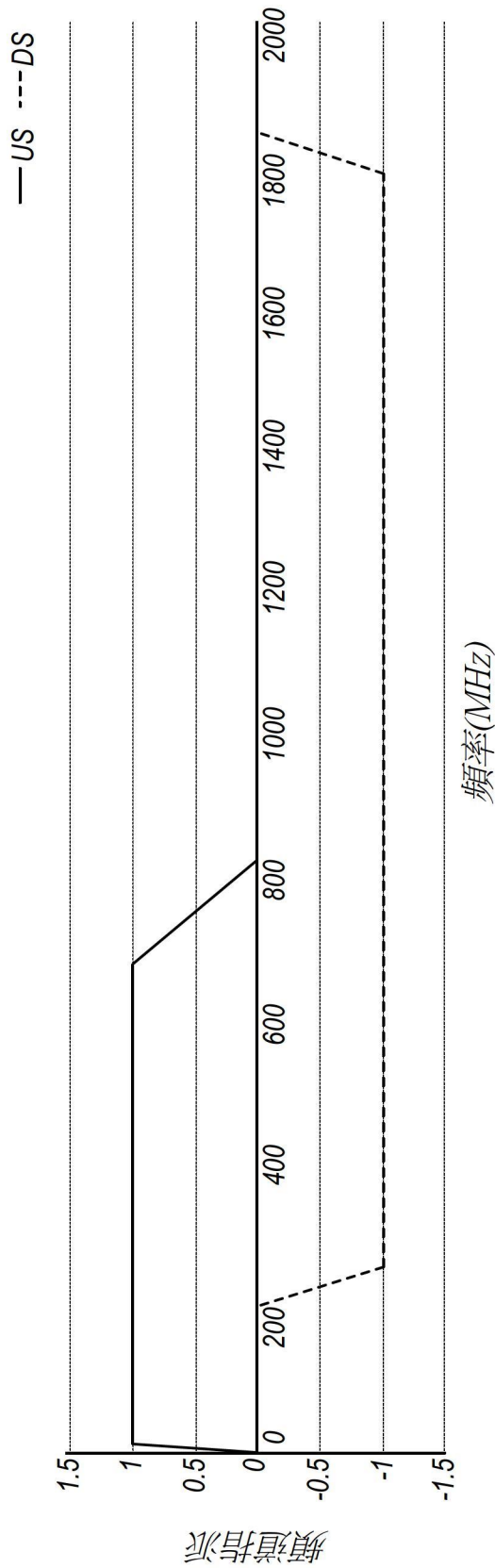


【圖2】

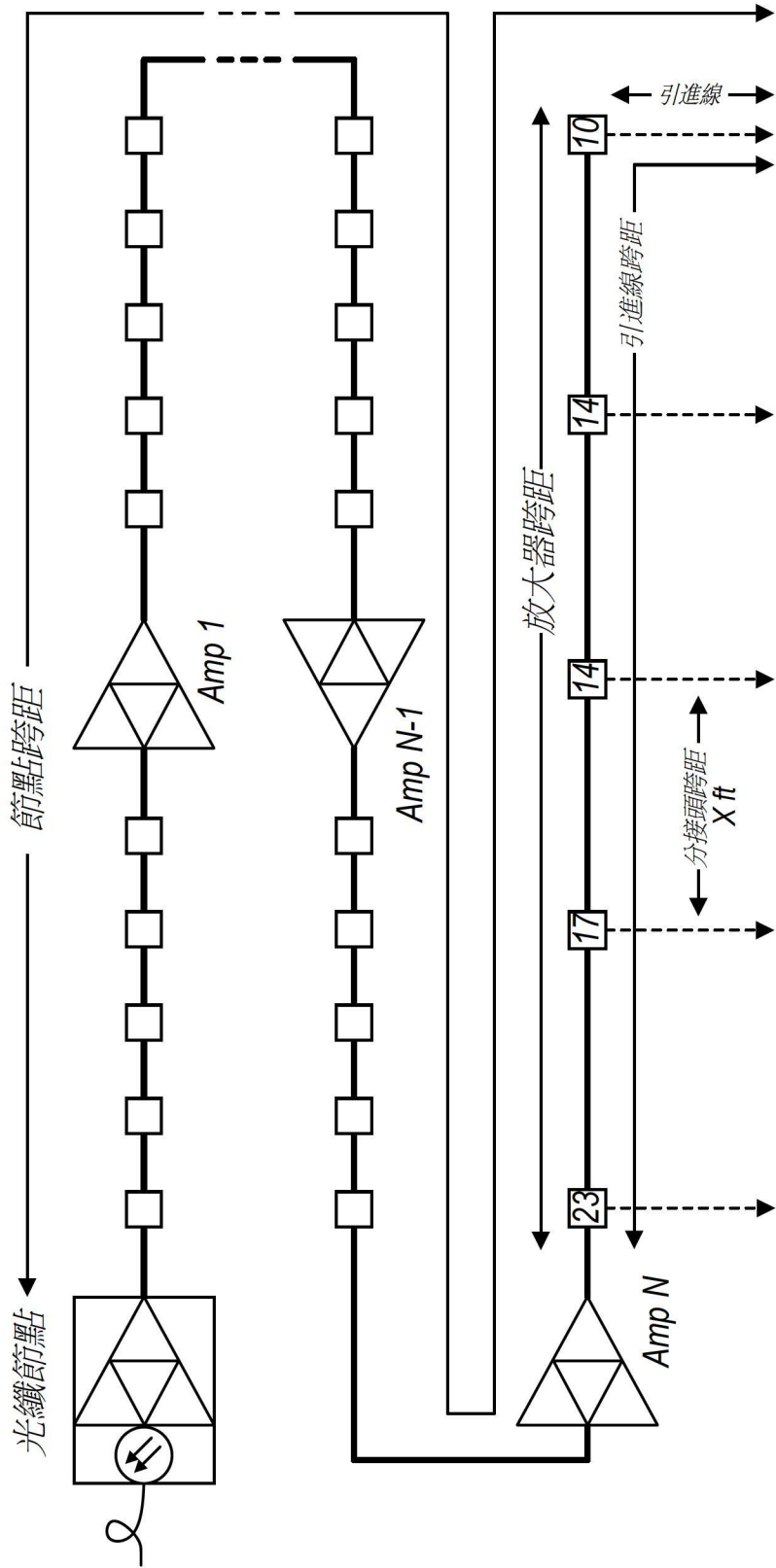


【圖3】

雙工配置-固定類比濾波器

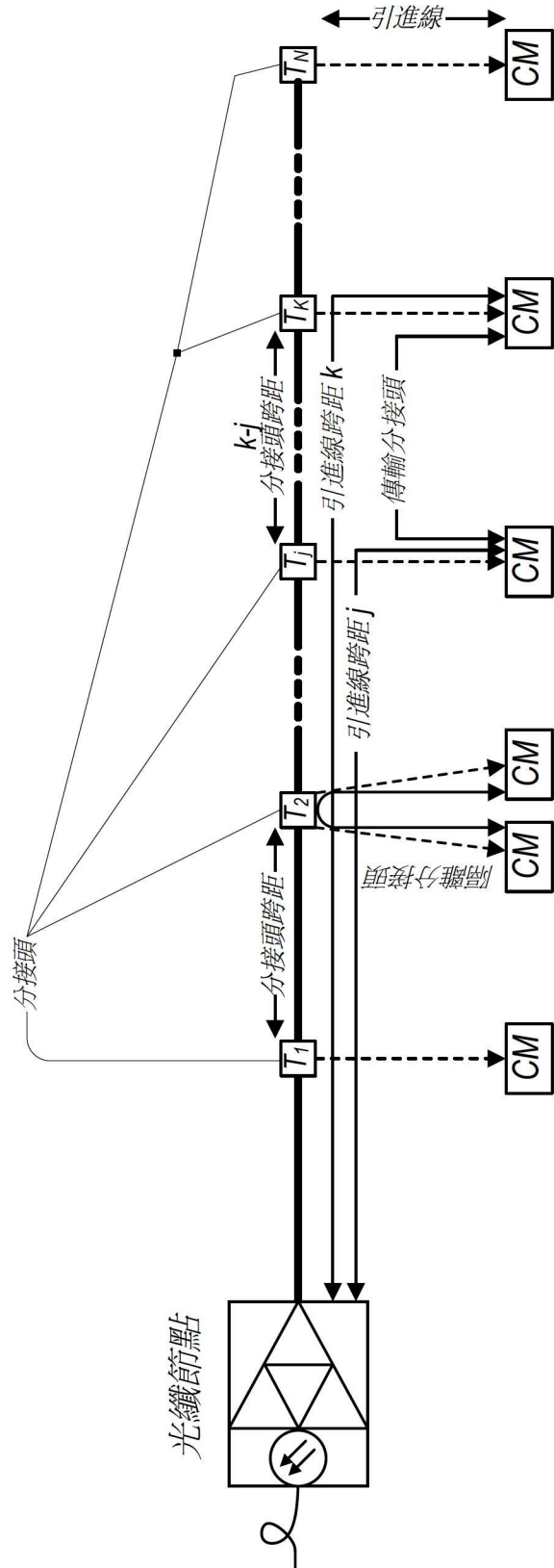


【圖4】



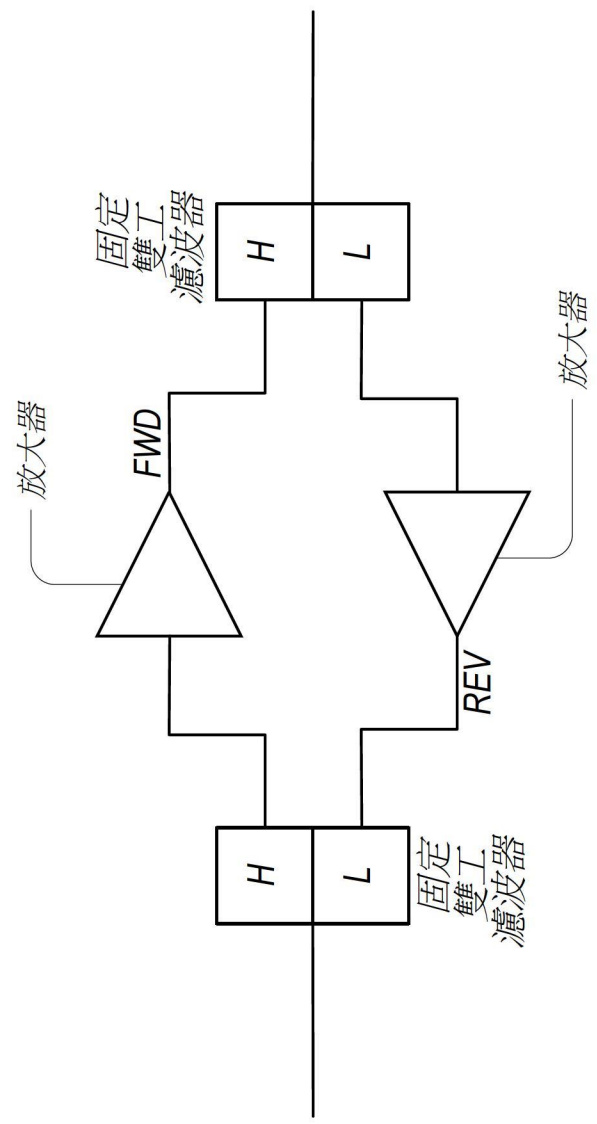
節點+N組態

【圖5】

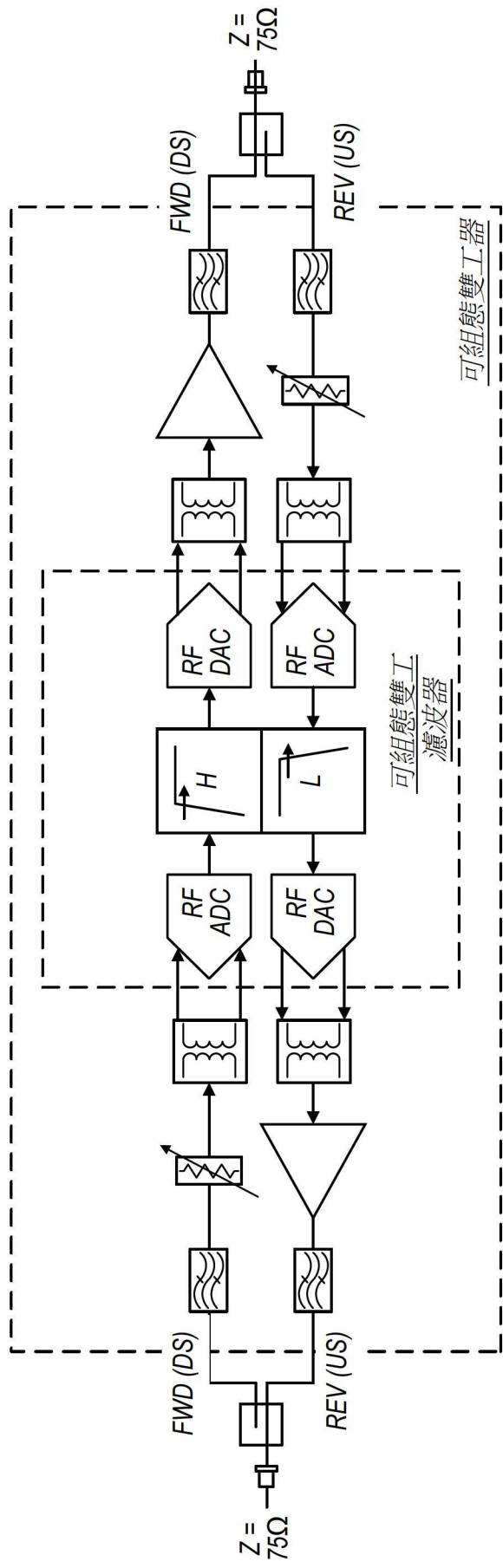


節點+0組態

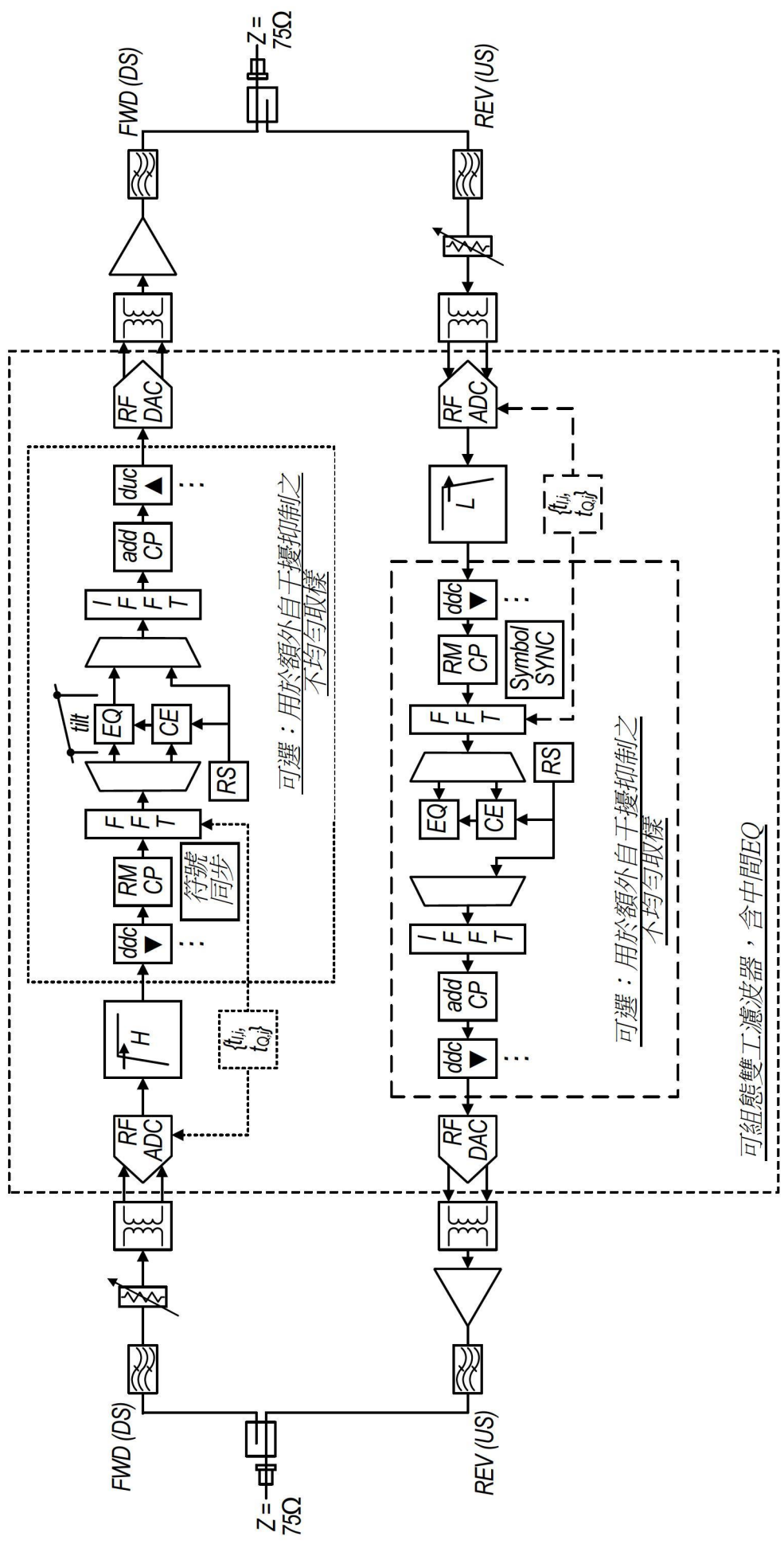
【圖6】



【圖7】



【圖8】



【圖9】

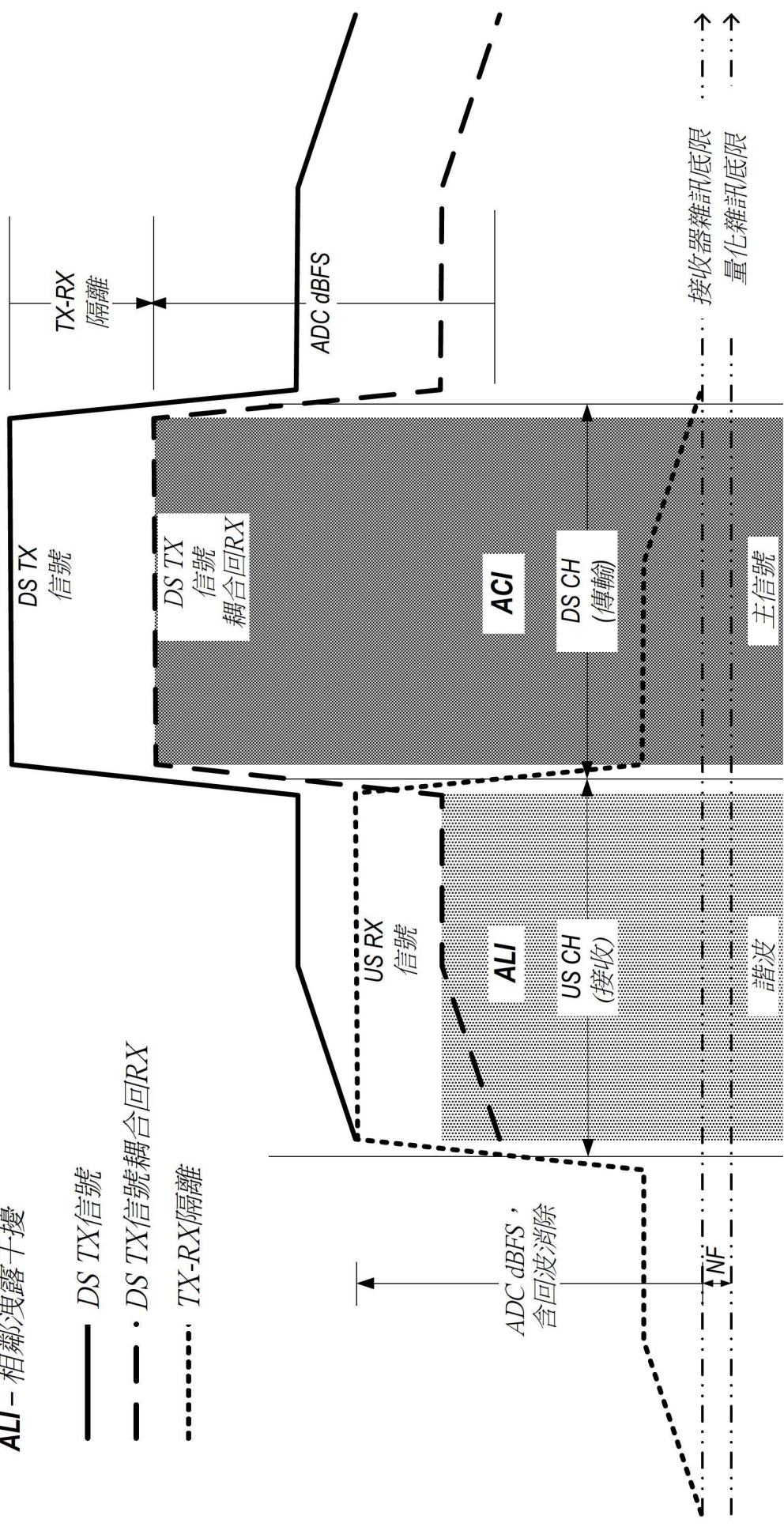
ACI - 相鄰頻道干擾

ALI - 相鄰洩露干擾

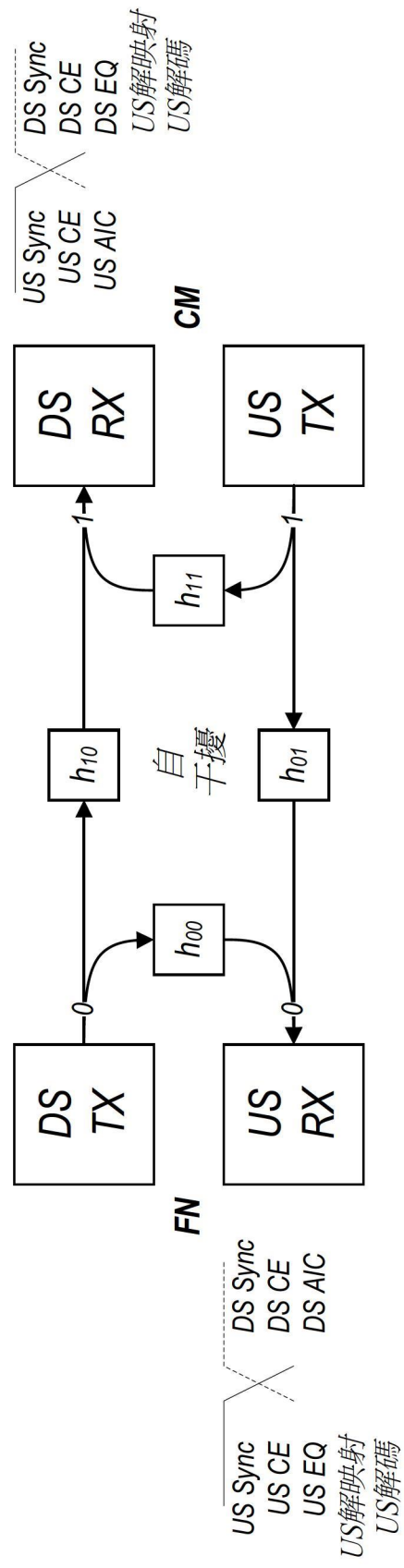
—— DS TX信號

- - - DS TX信號耦合回RX

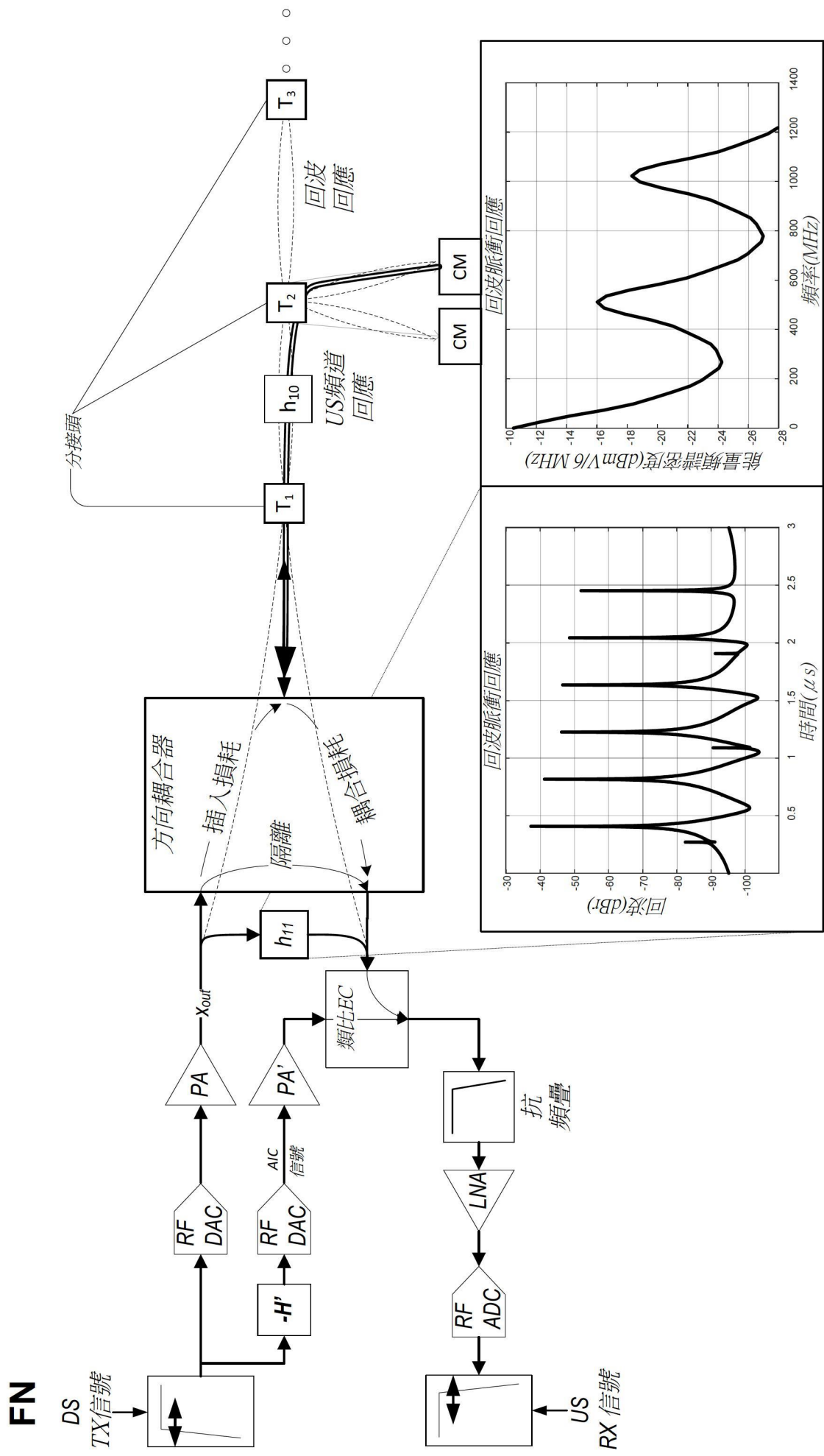
⋯ TX-RX隔離



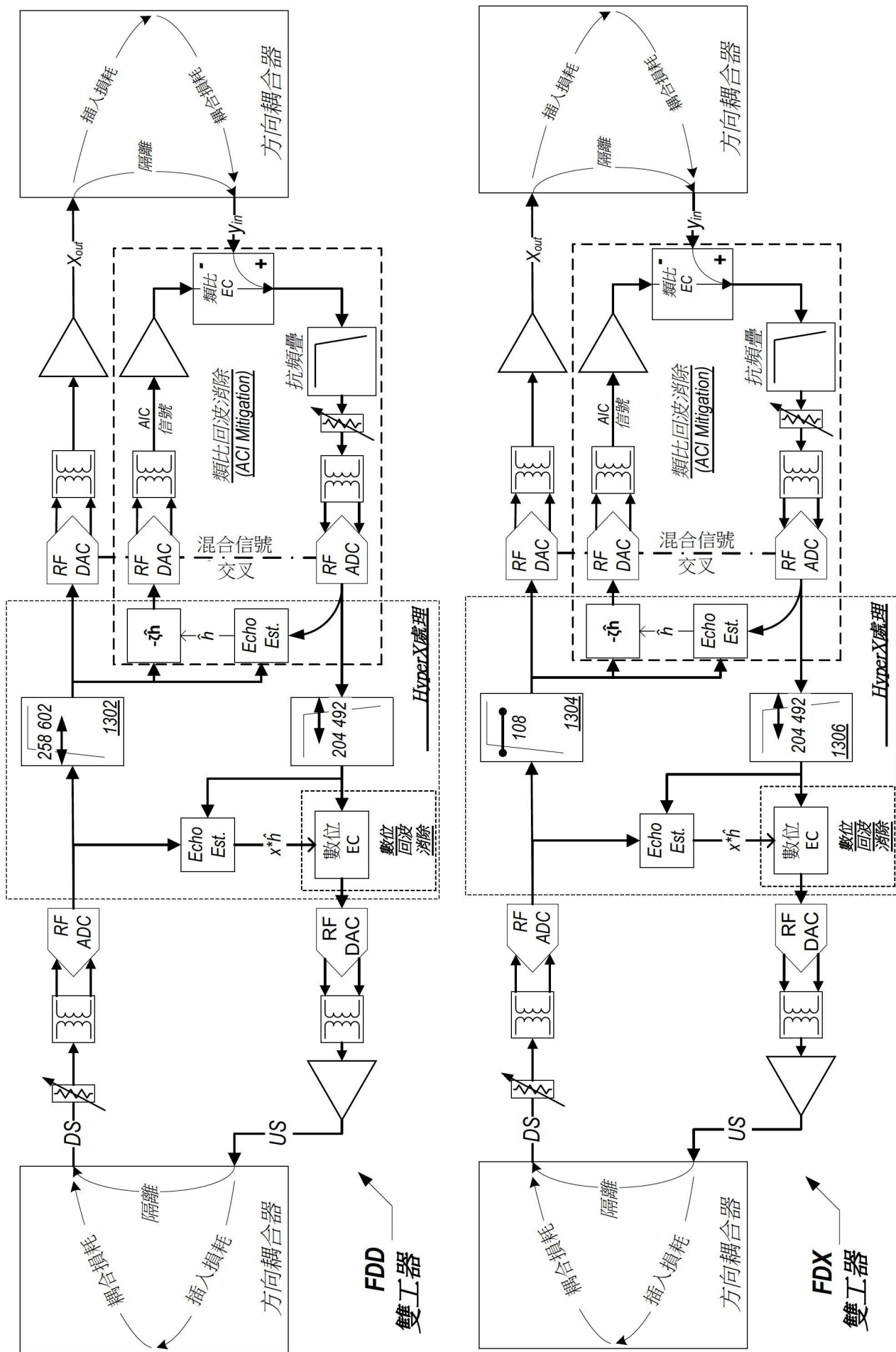
【圖10】



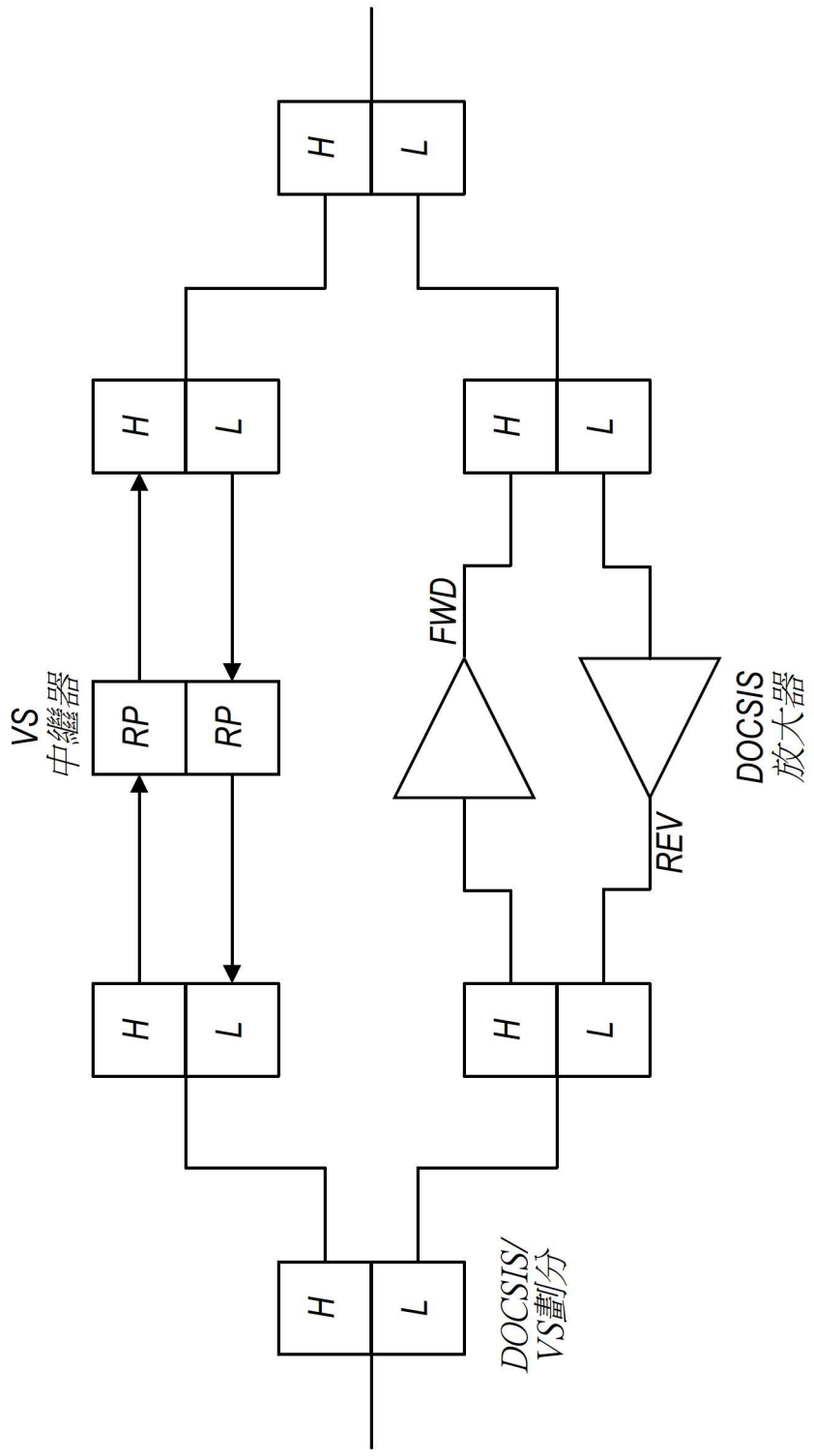
【圖11】



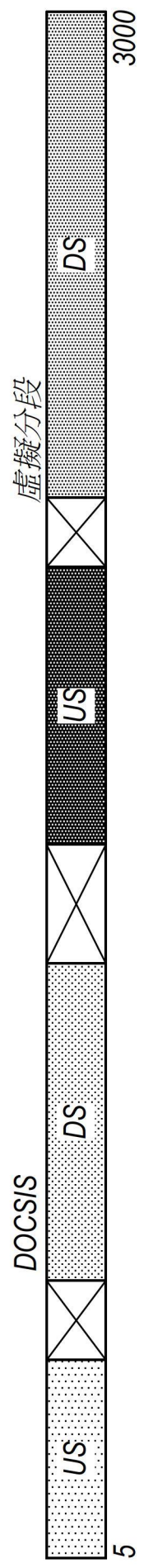
【圖12】



【圖13】



【圖14】



【圖15】

