



(43) 申请公布日 2023.03.14

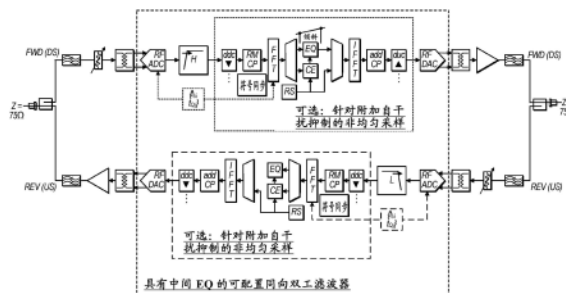
有限公司 11038

H04B 3/21 (2006.01)

(72) 发明人 K·A·谢尔比

权利要求书3页 说明书11页 附图16页

一种灵活的同向双工器可以包括能可编程序地重新配置的滤波器对,其能够在混合光纤同轴电缆线路/系统部署中的数字信号处理器(DSP)支持的设计中呈现各种频带分割布置。因此,灵活的同向双工器可以满足更大范围的频带分割要求,包括全范围的频带分割要求。可配置性可以通过在带通滤波之后在同向双工器/放大器复合体中的同向双工器的任一输入接口处数字化信号、以及在相应的正向(例如,下游)和反向(例如,上游)输入接口处的二线到四线转换来实现。可以通过使用离线确定的并从存储器检索的指定系数集更新数字滤波器来获得新的频带分割。灵活的同向双工器/放大器复合体可以实现附加功能,包括均衡和倾斜再生、自干扰消除、虚拟分段和/或创建辅助服务点以提供去往/来自小蜂窝基站和/或Wi-Fi接入点的接入。



1. 一种可动态配置的同向双工器,所述同向双工器包括:

上游输入端口和上游输出端口,被配置用于通过电缆网络的上游通信;

下游输入端口和下游输出端口,被配置用于通过电缆网络的下游通信;以及

数字滤波器对,包括将所述上游输入端口耦合到所述上游输出端口的第一数字滤波器和将所述下游输入端口耦合到所述下游输出端口的第二数字滤波器,其中所述数字滤波器对被可编程地配置为将经过所述同向双工器的信号的总带宽的第一部分分配给所述上游通信并且将所述总带宽的第二部分分配给所述下游通信。

2. 如权利要求1所述的同向双工器,其中所述第一数字滤波器为数字低通滤波器,并且所述第二数字滤波器为数字高通滤波器。

3. 如权利要求1所述的同向双工器,其中所述数字滤波器对被配置为根据可编程地配置的滤波器系数集来操作。

4. 如权利要求3所述的同向双工器,其中所述可编程地配置的滤波系数集是从存储器中检索的。

5. 如权利要求1所述的同向双工器,还包括:

第一模数转换器(ADC),被配置为将在所述上游输入端口处接收的模拟上游信号转换为对应的数字上游信号,并且将所述数字上游信号提供给所述第一数字滤波器;

第二ADC,被配置为将在所述下游输入端口处接收的模拟下游信号转换为对应的数字下游信号,并且将所述数字下游信号提供给所述第二数字滤波器;

第一数模转换器(DAC),被配置为将从所述第一数字滤波器接收的经滤波的数字上游信号转换为对应的模拟上游信号,并且将所述模拟上游信号提供给所述上游输出端口;以及

第二DAC,被配置为将从所述第二数字滤波器接收的经滤波的数字下游信号转换为对应的模拟下游信号,并且将所述模拟下游信号提供给所述下游输出端口。

6. 如权利要求1所述的同向双工器,还包括:

第一放大器,被配置为放大所述上游通信的上游信号,并且将经放大的上游信号提供给所述上游输出端口;以及

第二放大器,被配置为放大所述下游通信的下游信号,并且将经放大的下游信号提供给所述下游输出端口。

7. 如权利要求1所述的同向双工器,还包括:

控制电路,被配置为执行包括以下一个或多个的操作:

均衡和倾斜再生;

自干扰消除;或者

信号重调。

8. 如权利要求7所述的同向双工器,其中所述控制电路包括:

模拟回波消除级,被配置为缓解干扰下游信号能量以抑制所述干扰下游信号能量对数据转换和/或对后续数字处理的影响。

9. 如权利要求8所述的同向双工器,其中所述控制电路还包括:

数字回波消除级,被配置为缓解在由所述模拟回波消除级执行的缓解之后剩余的残余干扰下游信号能量。

10. 一种网络节点站,包括:

用于上游和下游通信的双向端口;以及

同向双工器,包括:

上游输入端口和上游输出端口,被配置用于经由所述双向端口的上游通信;

下游输入端口和下游输出端口,被配置用于经由所述双向端口的下游通信;以及

数字滤波器对,包括将所述上游输入端口耦合到所述上游输出端口的第一数字滤波器和将所述下游输入端口耦合到所述下游输出端口的第二数字滤波器,其中所述数字滤波器对能被可编程地配置为将经过所述同向双工器的信号的总带宽的第一部分分配给所述上游通信并且将所述总带宽的第二部分分配给所述下游通信。

11. 如权利要求10所述的网络节点站,其中所述数字滤波器对被配置为根据可编程地配置的滤波器系数集来操作。

12. 如权利要求11所述的网络节点站,其中所述可编程地配置的滤波系数集是从存储器中检索的。

13. 如权利要求10所述的网络节点站,还包括:

第一模数转换器(ADC),被配置为将在所述上游输入端口处接收的模拟上游信号转换为对应的数字上游信号,并且将所述数字上游信号提供给所述第一数字滤波器;

第二ADC,被配置为将在所述下游输入端口处接收的模拟下游信号转换为对应的数字下游信号,并且将所述数字下游信号提供给所述第二数字滤波器;

第一数模转换器(DAC),被配置为将从所述第一数字滤波器接收的经滤波的数字上游信号转换为对应的模拟上游信号,并且将所述模拟上游信号提供给所述上游输出端口;以及

第二DAC,被配置为将从所述第二数字滤波器接收的经滤波的数字下游信号转换为对应的模拟下游信号,并且将所述模拟下游信号提供给所述下游输出端口。

14. 如权利要求10所述的网络节点站,还包括:

第一放大器,被配置为放大所述上游通信的上游信号并且将经放大的上游信号提供给所述上游输出端口;以及

第二放大器,被配置为放大所述下游通信的下游信号并且将经放大的下游信号提供给所述下游输出端口。

15. 如权利要求10所述的网络节点站,还包括:

控制电路,被配置为执行包括以下一个或多个的操作:

均衡和倾斜再生;

自干扰消除;或者

信号重调。

16. 如权利要求15所述的网络节点站,其中所述控制电路包括:

模拟回波消除级,被配置为缓解干扰下游信号能量以抑制所述干扰下游信号能量对数据转换和/或对后续数字处理的影响。

17. 如权利要求16所述的网络节点站,其中所述控制电路还包括:

数字回波消除级,被配置为缓解在由所述模拟回波消除级执行的缓解之后剩余的残余干扰下游信号能量。

18. 一种有线通信设备,包括:
非瞬态计算机可读存储器介质;
通信地耦合到所述非瞬态计算机可读存储器介质的一个或多个处理器;以及
同向双工器,被配置为促进所述有线通信设备的上游通信和下游通信,所述同向双工器包括:
上游输入端口和上游输出端口,被配置用于所述上游通信;
下游输入端口和下游输出端口,被配置用于所述下游通信;以及
数字滤波器对,包括将所述上游输入端口耦合到所述上游输出端口的第一数字滤波器和将所述下游输入端口耦合到所述下游输出端口的第二数字滤波器,其中所述数字滤波器对能被可编程地配置为将经过所述同向双工器的信号的总带宽的第一部分分配给所述上游通信并且将所述总带宽的第二部分分配给所述下游通信。
19. 如权利要求18所述的有线通信设备,其中所述同向双工器还包括:
模拟回波消除级,被配置为缓解干扰下游信号能量以抑制所述干扰下游信号能量对数据转换和/或对后续数字处理的影响。
20. 如权利要求19所述的有线通信设备,其中所述同向双工器还包括:
数字回波消除级,被配置为缓解在由所述模拟回波消除级执行的缓解之后剩余的残余干扰下游信号能量。

在混合光纤同轴电缆部署中具有动态可配置频带分割的灵活 同向双工器

[0001] 优先权声明

[0002] 本申请要求于2020年5月5日提交的、标题为“Flexible Diplexer with Dynamically Configurable Band-Split in Hybrid Fiber Coax Deployments”的专利申请序列号63/020,094的优先权权益,其通过引用并入本文,就好像在本文中完整且完全阐述一样。

技术领域

[0003] 本发明的领域总体涉及数字信号处理,并且更具体地,涉及一种灵活的同向双工器(diplexer),其能够在混合光纤同轴电缆(hybrid fiber coax)部署中实现动态可配置的频带分割布置。

背景技术

[0004] 面对不断增长的吞吐量需求,电缆行业在增加可访问的上游和下游带宽方面取得了长足的进步。最近几代电缆数据服务接口规范(DOCSIS)已经将传输带宽分配从主要是下游(DS)广播、而为上游(US)传输留出少量频谱(称为子分割频带),演变为更均衡的US与DS带宽分配(称为中分割频带或高分割频带,这取决于分配给US通信的总带宽的相对部分)。图1示出了子分割传输配置,其中带宽主要留给DS通信,而可用带宽的一小部分留给US通信。在图1所示的示例中,US带宽被限制在~40MHz以下的频率。图2示出了中分割(上图)和高分割(下图)配置,其中下游带宽和上游带宽之间的分割更加均衡,上游带宽在中分割频带中被限制在~85MHz以下的频率,在高分割频带中被限制在~204MHz以下的频率。

[0005] 作为其正在经历的演进的核心,DOCSIS一直在推动传输带宽的频率上限,从1GHz移动到1218MHz(即1.2GHz),并继续在上限为1794MHz(即1.8GHz)的1.2GHz以上运行,这被指定为扩展频谱DOCSIS(ESD)。目前正在考虑将标准运行范围扩大到3GHz甚至5GHz。此外,还考虑将多个添加的频带分割布置作为即将出台的DOCSIS 4.0 PHY规范的一部分,如表1中所示。

[0006]

提案	CableLabs/Intel			Original			CommScope		
开 始 (MHz)	停 止 (MHz)	保 护 频 带 (MHz)	保护频 带开销	停 止 (MHz)	保 护 频 带 (MHz)	保护频 带开销	停 止 (MHz)	保 护 频 带 (MHz)	保护频 带开销
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%

[0007] 表1:提案的频带分割布置

[0008] 同向双工器设计考虑

[0009] 历史上,同向双工器被定义为实现频域多路复用(FDM)的无源设备。同向双工器具有被多路复用到第三端口(例如,称为S)的两个端口(例如,称为L和H)。端口L和H上的信号占用不相交的频带,因此L和H上的信号可以在端口S上共存而不会相互干扰。传统的同向双工滤波器布置需要一系列固定模拟滤波器来满足所考虑的频带分割要求的范围。每个滤波器对将实现围绕US/DS保护频带中心对称的低通/高通响应的单个实例。图3示出了DOCSIS 4.0中提案的各种同向双工配置中的频率分配。如图3中所示,负功率谱表示DS与US频带名称。

[0010] 在同向双工器中存在五个滤波器对似乎过大、成本高昂,并且对于单个放大器设计来说需要太多的功率。全双工(Full Duplex, FDX)设计可能会带来进一步的复杂度,需要不对称的频带分割以允许US和DS频带分配之间的大量重叠,例如,684MHz US频带上限与258MHz DS频带下限耦合,如图4中所示。

[0011] 因此,希望同向双工器设计领域中的改进。

发明内容

[0012] 提出了一种用于灵活的同向双工器的系统和方法的各种实施例,该同向双工器可以包括能够在数字信号处理器(DSP)支持的设计中呈现各种频带分割布置的可(动态)重新配置的滤波器对。如本文所公开的,灵活的数字同向双工器设计的各种实施例可以使用DSP技术来提供可重新配置的滤波器对,例如能够被配置的滤波器对,以可编程地实现各种频带分割布置。因此,灵活的同向双工器可以结合并满足更大范围的频带分割要求,可能在单个能可编程地重新配置的设计中满足全范围的频带分割要求。可配置性可以通过在相应的正向(例如,下游)和反向(例如,上游)输入接口处的带通滤波和二线至四线转换之后以RF(在同向双工器/放大器复合体中的同向双工器的任一输入接口处使用RF模数转换器(ADC))对信号进行数字化来实现。在任何给定时间,可以通过使用指定的系数集来更新相应的数字低通滤波器和数字高通滤波器来获得新的频带分割,指定的系数集可以离线确定并且是出于编程数字滤波器的目的而从存储器中检索的。使用DSP还可以在同向双工器/放大器复合体内实现附加功能,以适应各种网络部署场景。这种功能包括但不限于:在沿电缆段的点处的均衡和倾斜再生(tilt regeneration),以提高信号保真度;自干扰消除,以允许在全双工的情况下减少上游频带和下游频带之间的保护频带或上游和下游之间的频带重叠;通过使用中继器在专用端点之间利用指定的上游/下游频带之上的频率范围来创建高速传输,对电缆线路进行虚拟分段;和/或创建辅助服务点,以提供去往/来自小型蜂窝基站和/或Wi-Fi接入点或其他回程网络站的接入。

[0013] 本发明内容旨在简要概述本文档所描述的一些主题。因此,应当理解,上述特征仅是示例,并且不应被解释为以任何方式缩小本文描述的主题的范围或精神。本文描述的主题的其他特征、方面和优点将从下面的具体实施方式、附图和权利要求书中变得显而易见。

附图说明

[0014] 当结合以下附图考虑对优选实施例的以下详细描述时,可以更好地理解本发明:

[0015] 图1示出了传输电缆中的子分割频带配置;

- [0016] 图2示出了传输电缆中的中分割频带和高分割频带配置；
- [0017] 图3示出了各种同向双工配置的频率分配；
- [0018] 图4示出了全双工同向双工器布置的频率分配；
- [0019] 图5示出了包括电缆节点中的放大器并且还包括多个附加放大器的电缆系统配置；
- [0020] 图6示出了包括电缆节点中的放大器并且不包括附加放大器的电缆系统配置；
- [0021] 图7示出了具有固定的模拟同向双工器的传统放大器设计；
- [0022] 图8示出了根据一些实施例的具有采用数字信号处理的同向双工器的灵活放大器设计；
- [0023] 图9示出了根据一些实施例的具有同向双工器的灵活放大器设计，同向双工器采用数字信号处理并实现附加的信号处理特征；
- [0024] 图10示出了说明相邻信道干扰 (ACI) 和相邻泄漏干扰 (ALI) 场景的示例性信号图；
- [0025] 图11示出了说明潜在的DOCSIS DS/US自干扰场景的示例性系统图；
- [0026] 图12示出了说明DS回波响应和模拟回波消除的示例性系统图；
- [0027] 图13示出了根据一些实施例的有用源干扰消除 (ACI) 实现的灵活同向双工器的示例性电路图；
- [0028] 图14示出了具有同向双工器的放大器设计和具有虚拟分段的频谱分配；
- [0029] 图15示出了具有虚拟分段的频谱分配的一个示例；以及
- [0030] 图16示出了具有沿电缆线股部署的多个辅助服务接入点的电缆系统。
- [0031] 虽然本发明可能有各种修改和备选形式，但其具体实施例在附图中以示例的方式示出，并且在本文详细描述。然而，应当理解，附图及其详细描述并不旨在将本发明限制于所公开的特定形式，而是相反，其意图是涵盖落入如所附权利要求所定义的本发明的精神和范围内的所有修改、等同和备选。

具体实施方式

[0032] 缩略语

[0033] 在整个本公开中使用了各种缩略语。在本公开中可能出现的最突出使用的缩略语的定义如下：

- | | | |
|--------|------|-------------|
| [0034] | ACI | 相邻信道干扰 |
| [0035] | ADC | 模数转换器 |
| [0036] | AIC | 有源干扰抵消 |
| [0037] | ALI | 相邻泄漏干扰 |
| [0038] | BW | 带宽 |
| [0039] | CATV | 有线电视 |
| [0040] | CE | 信道估计 |
| [0041] | CM | 电缆调制解调器 |
| [0042] | CMTS | 电缆调制解调器终端系统 |
| [0043] | CP | 循环前缀 |
| [0044] | DAC | 数模转换器 |

[0045]	DDC	数字下变频
[0046]	DMR	数据存储和路由
[0047]	DOCSIS	有线数据服务接口规范
[0048]	DS	下游
[0049]	DSP	数字信号处理器
[0050]	DUC	数字上变频
[0051]	EC	回波消除
[0052]	ESD	扩展频谱DOCSIS
[0053]	EQ	均衡
[0054]	FD	全双工
[0055]	FDD	频分双工
[0056]	FDX	全双工
[0057]	FFT	快速傅立叶变换
[0058]	FN	光纤节点
[0059]	FWD	正向
[0060]	HaaS	硬件即服务
[0061]	HFC	混合光纤同轴电缆
[0062]	IFFT	逆快速傅立叶变换
[0063]	MAC	媒体访问控制
[0064]	MHz	兆赫兹
[0065]	OFDM	正交频分复用
[0066]	OLT	光线路终端机
[0067]	PE	处理元件
[0068]	PHY	物理层
[0069]	REV	反向
[0070]	RM CP	删除循环前缀
[0071]	RP	中继器
[0072]	RPD	远程PHY设备
[0073]	RF	射频
[0074]	RS	参考符号
[0075]	RX	接收
[0076]	SC	子载波
[0077]	SDR	软件定义比率
[0078]	SDS	软件定义系统
[0079]	SIC	自干扰消除
[0080]	TX	发送
[0081]	US	上游
[0082]	VS	虚拟分段
[0083]	如下面将进一步详细描述,灵活同向双工布置的各种实施例可能能够满足全范	

围的频带要求,包括在未来的规范版本中可能出现的频带要求,例如减少的保护频带、附加的频带分割、和/或到3或5GHz和/或更高的向外频率扩展。

[0084] 混合光纤-同轴 (HFC) 部署场景

[0085] 同向双工器,即同向双工滤波器对,可以表现为在电缆线路或电缆系统中到处发现的每个放大器的组成部分。在一个跨度中出现的放大器,以及因此给定电缆线路或电缆系统中的放大器总数,通常反映在节点配置中。例如,在“节点+N”部署中,在以农村和/或人口较少的郊区的部署为例,可以在电缆节点本身(以光纤节点为例)中额外包括(或使用)N个放大器,如图5所示。如图5所示,抽头由正方形表示,下降跨度包含来自放大器的所有下降,而在最右侧的抽头10处表示单个下降。

[0086] 相反,在“节点+0”部署中,以密集城市区域中的部署和/或其他深层光纤部署为例,在电缆调制解调器(CMS)和远程物理层设备(RPD;以光纤节点为例)中存在的放大器之外的放大器被去除,如图6所示。迄今为止,全双工(FDX)操作已被归类为“节点+0”配置,表示无源线路(例如,在抽头处或沿着抽头之间的电缆跨度没有有源组件,以及去往/来自RPD的那些和去往/来自CMS的下降)。如图6所示,电缆线路中的各种跨度由带有箭头的相应标记线表示。各种虚线表示潜在的信号路径。具体地,抽头 T_2 下方的曲线表示从一个CM到另一个CM的潜在信号/干扰路径。

[0087] 同向双工滤波器布置

[0088] 为了克服传统同向双工器的使用所施加的许多限制,灵活的同向双工器可以包括能够在数字信号处理(DSP)支持的设计中呈现各种频带分割布置的可重新配置的滤波器对。换言之,如本文所公开的,同向双工器设计的各种实施例可以使用DSP技术来提供可重新配置的滤波器对,例如能够被配置的滤波器对,以可编程地实现各种频带分割布置。

[0089] 图7示出了采用固定的、模拟的(即,非DSP支持的)同向双工器的传统放大器设计,该同向双工器出现在正向FWD(或下游DS)和反向REV(或上游US) I/O接口处。每个提出的频带分割都需要单独的滤波器对,包括适应全双工配置所需的滤波器对。

[0090] 灵活的同向双工器设计

[0091] 图8示出了根据本文描述的一些实施例的示例性灵活同向双工器,其可以结合数字滤波器以定义大量规定的频带分割。与采用模拟同向双工器的传统放大器设计不同,灵活的同向双工器包括DSP支持的设计,该设计可以在单个可重新配置的设计中包含更大范围的频带分割要求,可能包含全范围的频带分割要求。如图8所示,设计可配置性可以通过在相应FWD和REV输入接口处的带通滤波和二线至四线转换之后以RF(在任一输入接口处采用RF ADC)对信号进行数字化来实现。放大器可能不需要包括严格的输入或输出接口,因为US和DS信号可以在任一接口处组合。如该上下文中所引用的,输入是指在面向电缆调制解调器(CM)或远程PHY设备(RPD)的接口处耦合的信号。可以根据位于信号处理复合体中心的低/高通滤波器特性来呈现规定的频带分割,低/高通滤波器特性由顶部信号链中的高通滤波器和底部信号链中的低通滤波器指示。信号可以经由相应的ADC输入到可配置的同向双工滤波器,并经由相应的RF DAC从可配置的同向双工滤波器输出,在相应的FWD和REV输出接口处进行四线至二线的转换。

[0092] 设计重新配置

[0093] 使用规定的系数集更新相应的低通滤波器和高通滤波器可以实现(或产生)新的

频带分割。在一些实施例中,系数可以离线确定(即,不在电缆线路或电缆系统的直接控制下),并且可以从存储器中检索,从而允许DSP实现来自DSP资源的公共配额的许多滤波器中的一个。换言之,可以从公共软件定义无线电(SDR)硬件复合体实现多个滤波器,包括根据需要适应FDX所需的那些。如果配置得当,一组DSP支持的放大器可以允许必要的频带重叠,从而将FDX引入“节点+N”部署。在SDR实现中,设计重新配置可以如从电缆调制解调器终端系统(CMTS)发信号通知的那样在整个节点跨度内动态地完成。在提供足够的DSP处理吞吐量的情况下,可以增加上频带边缘以将带宽能力扩展到更高频率,例如扩展到3GHz或5GHz上频带边缘。

[0094] 动态系统配置

[0095] 电缆线路(或电缆系统)中到处分布的DSP,包括每个放大器位置,可以允许如由CMTS发信号通知的那样动态地配置频带分割。从许多不同的例如先前确定的和/或指定的配置之一中选择,可以按光纤节点跨度或设备/系统范围来分配频带分割。配额可以从多数DS转移到多数US或任何介于两者之间的混合。在一些实施例中,在节点跨度上可见的每个设备可以遵循相同的频带分割配置。意图可能是解决实时带宽需求的变化,根据一天中的时间、一周中的某天、假日时间表而改变US与DS频谱的配额,以应对恶劣天气、紧急情况、流行病或某些其他特殊事件。

[0096] 灵活的同向双工器配置中的附加功能特征

[0097] 在给定DSP基础的情况下,可以容易地访问附加设施和功能,以在沿电缆线路或系统的任何地方结合。此外,任何未使用的资源可能保持黑暗,例如断电,保留以供将来使用。还应注意,为了讨论与本文公开的各种实施例有关的DSP,可以区分至少两种不同类型的DSP。第一种类型的DSP可以包括执行传统的模拟信号调节(例如,均衡、倾斜调整、再生和频带分割),而第二种复杂得多的类型的DSP可以涵盖接收噪声和具有已知格式的US或DS宽带信号、将信号解码为比特、应用纠错以消除接收到的比特错误、可选地对子信道执行添加/丢弃、以及重新生成刷新的宽带信号以进一步发送US或DS的过程等。

[0098] 附加功能的示例包括:

[0099] • 通过中间信号调节实现的功能:

[0100] ○沿电缆段各点处的均衡和倾斜再生(在每个放大器站点处),以提高信号保真度;以及

[0101] ○自干扰消除(在放大器站点以及CM和RPD端点处),以允许减少US和DS之间的保护频带,如果不是FDX本身的话(到目前为止,这对于“节点+N”设备部署是被禁止的);

[0102] • 通过二次和三次频带分割实现的功能:

[0103] ○通过使用中继器在专用端点之间利用指定US/DS频带以上的频率范围创建高速传输,对电缆线路进行虚拟分段(VS);以及

[0104] ○辅助服务点(从给定的放大器站点)提供去往/来自小型蜂窝基站或Wi-Fi接入点或其他回程设施的接入。

[0105] 下面将进一步描述上述特征。

[0106] 中间信号调节

[0107] 如上所述,DSP支持的设计可以进一步扩展以提供信号调节,从而缓解由于信道本身以及组件漂移/老化造成的不利影响。首先,可以考虑不明确了解底层符号结构和导频调

度的信号调节。US/DS信号保真度可以通过在中间放大器位置处重新均衡信号来增强。OFDM符号代表数据封装的一种形式。网络中任何接收器放大器处的频域符号内容反映了从前一个发射放大器起遇到的信道响应所损害的原始数据集。假设所分配的循环前缀(CP)长于信道延迟扩展,则从放大器到放大器的信道响应可以由每个子载波的单个抽头均衡器来补偿,下面将进一步描述。可以添加自干扰消除方法以改善动态信号范围或以其他方式延长从放大器到放大器的容许跨度,从而最小化线路投资,特别是随着操作需要超过3或5GHz,需要考虑更高频率的同轴电缆中的附加信号衰减。在现有放大器站点处进行附加的数字信号处理可能有助于抵消由于更高频率上的衰减增加而导致的信号保真度损失增加。

[0108] 重新均衡和信号倾斜——可以进一步考虑能够在知道底层符号结构和导频调度的情况下解调到比特的更复杂的方法。因此,如果知道US/DS调度,即子信道BW、子载波(SC)分配、导频调度和相关联的参考信号(RS),则可以在以下步骤之后重新均衡数据承载SC:按每个子信道应用的数字下变频(DDC)、循环前缀(CP)去除、以及使用频域技术(通常被包括在典型的接收器设计中)的傅立叶变换(FFT)。当在频域中进行处理时,DS倾斜可以另外被重新应用。可以通过逆傅立叶变换(IFFT)将信号返回到时域。如图9所示,可以恢复CP和窗口锥化,随后按每个子信道应用数字上变频(DUC)。如图9所示,RS代表特定于OFDM信号的参考信号。符号同步用于将傅里叶变换与采样符号进行时间对准。傅立叶变换(FFT和IFFT)可以对复杂的样本使用复杂的数学。RF ADC在时间点集合 $\{t_{Ii}, t_{Qi}\}$ 产生同相和正交(复)样本。时间点可以在数字电路(HyperX)中生成,并且可以是时间上一致的或可选的非一致的,以用于附加的自干扰抑制。应当注意,去同步干扰对于主信号处理通常可能表现为随机噪声。

[0109] 自干扰

[0110] 用数字处理替换固定的模拟同向双工滤波器可能导致发射信号在一个方向上行进,耦合到接收信号,在相反方向上行进。由于放大器输出处的互调(intermodulation)失真所导致的旁瓣能量以相邻泄漏干扰(ALI)的形式未经滤波地进入电缆线路,这种耦合可能表现为不想要的自干扰。当FWD(DS)发射机输出被耦合/反射回REV(US)接收路径时,在放大器输入及其相应输出处看到的信号电平的差异还可能引起不想要的相邻信道干扰(ACI)。同样,REV(US)发射机输出可能被耦合/反射回FWD(DS)接收路径。上述效应如图10所示,ALI和ACI在相应的阴影区域中表示。

[0111] 自干扰场景——通过图11中的简化示例性系统图进一步说明DS/US自干扰场景。来自光纤节点(FN)的DS TX信号可以根据信道脉冲响应 h_{00} 被耦合回FN中的相应US RX。以类似的方式,根据信道脉冲响应 h_{11} ,来自电缆调制解调器的US TX有可能被耦合到它自己的或相邻的DS RX。然而,随着FDX的引入,DOCSIS定义了一种用于识别称为干扰组的电缆调制解调器组的探测方法,如果允许这些干扰组在给定的频带中同时发送和接收,它们将相互干扰。调度给定的带中的TX/RX机会,使得TX和RX机会不在属于相同干扰组的CM之间重叠。这一考虑在很大程度上将SIC问题限制在FN,因为CM侧有分离的机制来缓解该问题。参考图12,可以通过检查给定设备配置(如图12所示)中抽头的分布来了解DS回波响应,其中给定抽头位置处阻抗失配的可能性,每个抽头代表一个潜在的回波源。在DS方向上看到的抽头的分布导致回波序列与从FN到每个抽头位置的往返延迟成比例地间隔。时间域脉冲响应(h_{11})和相应的频域信道响应的曲线图如图12所示。

[0112] 有害的自干扰效应可以通过在可配置的FDD或FDX放大器中采用的模拟和数字技术的混合来缓解。有源干扰消除 (AIC) 的主要目标是将干扰信号抑制到模数转换器 (ADC) 可以线性通过的水平。在给定HyperX处理器或类似架构的情况下,可以通过辅助发射器传递互补信号 (即,与干扰信号同相180°的信号) 来实现模拟消除。通过被提供给RX输入端的组合器,该消除信号去除干扰DS信号能量,从而抑制其对数据转换和后续数字处理的影响。任何残留回波可以通过二次、纯数字回波消除级来缓解。图13提供了在FDD和FDX部署配置两者中配备AIC的灵活同向双工器的简化电路图。应当注意,FDD和FDX部署配置仅通过分别面对高通滤波器1302和1304的DS中存在/不存在可变性来区分。在FDD情况下,HPF截止频率是可变的 (表示为258到602),以实现各种频带分割。在FDX的情况下,HPF截止保持固定 (表示为108),以通过改变面向US的低通滤波器 (LFP) 1306中的截止频率来实现不同的频带重叠。众所周知,ADC具有有限动态范围,因此执行模拟消除以减少干扰从而获得ADC范围内的期望信号。然后,数字干扰消除可以消除残留干扰。

[0113] 给定嵌入在数据存储和路由 (DMR) 阵列中的可配置处理元件 (PE) 的混合,HyperX处理器具有独特的贡献。可以根据需要分配多个PE来估计回波响应,主要作为模拟EC级的一部分,并且可选地作为根据需要调用DMR以支持PE处理的任何剩余数字EC的一部分。PE资源还可以用于将DS TX信号与估计的回波响应卷积,以馈送AIC信号输出,根据需要同样具有DMR支持。数字回波消除可能涉及DS TX和US RX信号之间的类似的卷积和信号组合步骤。

[0114] 根据在信道估计期间确定的响应,DMR可以充当馈送辅助AIC信号的延迟线的附加角色。如表2所示,DMR存储器提供了足够的时间分辨率来定义回波响应,相应的干扰带宽接近600MHz,而处理器时钟只有1.15GHz。结合适当的模拟和混合信号组件,例如ADC和DAC,HyperX处理器可以在自干扰消除解决方案中发挥作用,该自干扰消除解决方案可以被配置为适应各种频带分割/频带集和信号带宽。

[0115]

所需延迟线间距							
FDX 频带集	上游		下游		回波 BW (MHz)	分辨率 (ns)	最小 clk (GHz)
	f _l (MHz)	f _h (MHz)	f _l (MHz)	f _h (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

[0116] 表2:AIC延迟线要求

[0117] 虚拟分段

[0118] 如图14所示,电缆线路 (或系统) 的VS可以通过二次频带分割、然后是三次分割以分离VS US和VS DS来实现。

[0119] 二次频带分割——位于规定的DOCSIS上频带边缘以上,例如1GHz、1.2GHz或1.8GHz,虚拟分段 (VS) 利用有限的附加光纤开销提供从光纤节点 (FN) 到RPD的专用传输。通过实现为覆盖服务,VS对于底层广播和电缆调制解调器服务操作是不可见的。VS充当中继器,绕过放大器,改为在与经放大的DOCSIS输出再次多路复用之前重新生成在输入端口上看到的信号。VS频谱分配的示例如图15所示。二次频带分割将DOCSIS信号 (来自DOCSIS/VS

分割的下信号路径)与虚拟段信号(来自DOCSIS/VS分割的上信号路径)分离,其中上信号路径中的三次分割将相应中继器的US和DS部分分离。所需的信号处理可以如所描述的那样温和,以便在中间点处重新均衡信号,并且在复杂度上向上调整到将VS子信道解调和解码回用户比特、然后重新编码和重新调制所需的复杂度。

[0120] 辅助服务点——如果解调为比特,则VS子信道流中的一个或全部可以被引导到另一接入网络,例如,到Wi-Fi或3GPP,从而形成辅助服务接入点。辅助服务点还可以将其自身用于SDR实现方式。根据需要沿电缆线股部署Wi-Fi接入点、小蜂窝基站、低功率广播发射机和/或回程收发机的需求可以与VS发送/接收(TX/RX)数字信号处理一起适应,其中具有附加的灵活性以使接入协议适应不断变化的业务需求以及对底层标准规范(例如Wi-Fi 6、3GPP 5G NR、ATSC 3.x)的改进。图16中示出了利用虚拟分段实现的示例性电缆系统的简化系统图。每个VS中继站可以包括根据本文描述的各种实施例实现的灵活同向双工器。

[0121] 内联网络处理

[0122] 在中间服务点解调到比特可以实现内联、实时网络处理的潜力。在中间服务点处可访问的内联网络处理的示例可能包括:

- [0123] • 所定义的服务接入点之间和内部的多层、多服务交换和路由;
- [0124] • 安全-防火墙、VPN识别、策略执行和统计数据收集、加密等;
- [0125] • 分类-访问控制、过滤器、计费;以及
- [0126] • 分组编辑-分段、复制、镜像、地址转换、鲁棒的报头压缩等。

[0127] SDR方法的一个目标是实现DSP能力的持续进步。SDR方法可以提供一系列部署场景的足够的处理吞吐量、正在经历的上频带扩展、增加的信号保真度(尤其是考虑到更高频率的使用)、正在经历的规定频带分割的演进以及ESD半双工/全双工能力。DSP支持的放大器提供了一种灵活的设计方法,支持硬件即服务(HaaS),可以基于滚动特征部署的递增费用调度进行远程更新。可以通过过度配置DSP复合体来启用HaaS。可以应用定期维护计费以确保及早访问最新特征,例如带宽扩展、中间重新均衡和/或自干扰消除。

[0128] 基于DSP支持的基于SDR的同向双工器设计的潜在优势

[0129] 本文公开的具有灵活同向双工器的DSP支持的放大器的实施例可以向HFC网络运营商提供不同的系统益处,例如如下所述。

[0130] 灵活的同向双工布置:

[0131] 介绍放大器位置处的信号处理以改变来自CMTS或某些其他集中式实体的频带分割命令:

- [0132] • 允许通过DOCSIS标准化进程商定的多频带分割配置。
- [0133] • 此外,还允许呈现同样由标准规定的FDX频带分配。
- [0134] • 所选的频带分割可以限制在节点跨度内,随RPD变化,或在整个电缆线路内发信号通知。任何可访问的RPD和CMS都将被指示效仿。

[0135] 考虑到灵活的频带分割布置,通过在每个DSP支持的放大器站点处使用经修改的滤波器系数集,可以实现未来的配置。

- [0136] • 可在初始标准发布后定义附加的频带分割。
- [0137] • US和DS分配之间的保护频带可以变为超出初始标准发布。

[0138] 可动态配置的频带分割

[0139] 给定DSP支持的设备配置,频带分割可以被动态地配置为根据使用(实时)负载需求、一天中的时间、一周中的某天、计划的假期、恶劣天气条件、紧急情况、流行病或其他特殊事件或情况来考虑使用模式的变化。

[0140] 带宽分配中的变化可以从每个RPD按节点跨度发送信号通知,或者从公共CMTS全局发送信号通知。

[0141] US与DS带宽的配额可以从多数DS到多数US,到主要DS、最小US(反之亦然),或介于两者之间的任何混合。

[0142] 分配给FDX的带宽比例同样可以基于吞吐量需求而变化。

[0143] 自干扰消除——给定放大器输入和输出信号水平的差异,可以通过附加(或添加)信号处理来缓解ACI。给定由于放大器输出处的互调失真而导致旁瓣能量未经滤波地通过的可能性,ALI可以通过附加的(添加的)信号处理来缓解。

[0144] 中间信号调节

[0145] 给定DSP支持的放大器,可以在中间点引入某种级别的信号调节,从而在信号通过放大器到放大器时利用由OFDM符号表示提供的数据封装来提高下游信号保真度。这种信号调节的示例包括:

[0146] • 重新均衡:给定带宽分配、信号尺寸(例如,FFT大小、CP和滚降长度)和导频调度,可以估计从前一个发射机遇到的信道响应,在每个符号的基础上进行均衡,重新插入均衡的导频,重新施加和滚降CP,然后传递到输出放大器。

[0147] • 自干扰消除:给定放大器输入和输出信号水平的差异,可以添加信号处理以缓解ACI。给定由于放大器输出处的互调失真而导致旁瓣能量未经滤波地通过的可能性,可以添加信号处理来缓解ALI。

[0148] • 主动权衡:在每个放大器站点部署的DSP的级别和需要附加的放大器以在扩展的信号带宽中实现期望的跨度和范围(例如3GHz或5GHz)之间的权衡成为可能。因此,信号处理可用于提高信号保真度,并将频带支持扩展到3GHz或5GHz,而不需要附加的放大器或放大器之间更紧密的分离。

[0149] 虚拟分段

[0150] 二次频带分割

[0151] • 引入二次可配置滤波器对,以将专有VS传输与标准DOCSIS US/DS分离。调整滤波器系数以适应DOCSIS上频带边缘的范围。放大器到放大器地传递VS信号,可能与DOCSIS US/DS分离。

[0152] • 引入第三滤波器对,以将VS US与DS分离。根据VS US|DS带宽分配来调整滤波器系数。

[0153] 中继器——可以添加根据应用在US和DS方向上都实现的全信号中继器,以扩展通过上述中间信号调节所获得的改进。除了重新均衡之外,中继器还可以负责将OFDM符号内容解调/解码为用户数据比特,然后重新编码/重新调制信号,以确保在放大器之间无传播差错。由于完全解调/解码表示比单独重新均衡大得多的计算负荷,因此可以将这种级别的重新调节的需要与DSP能力成本或功率消耗进行权衡。

[0154] 辅助服务点

[0155] • 可以在选定的放大器位置处引入附加信号处理,以将VS传输解调和解码为用户

比特,或将用户比特重新编码和重新调制为VS传输。这些比特可以指向和/或来自辅助接入网络,例如Wi-Fi、5G小蜂窝、ATSC低功率发射机。

[0156] • 给定SDR平台,底层辅助服务协议의更新成为可能。

[0157] 可伸缩处理资源

[0158] 供应过多的处理资源,能够满足DSP吞吐能力的上限,以实现硬件即服务(HaaS)。

[0159] 持续设计演进的可能性,根据需要调用资源以适应所添加的特征,例如按复杂度顺序列出的那些:

[0160] • 可重新配置的同向双工滤波;

[0161] • 中间重新均衡和倾斜;

[0162] • 自干扰消除;

[0163] • 扩展带宽;

[0164] • 虚拟分段;和/或

[0165] • 使用辅助服务点的虚拟分段。

[0166] 尽管上面已经描述了特定实施例,但是这些实施例并不旨在限制本公开的范围,即使仅针对特定特征描述了单个实施例。尽管已经相当详细地描述了上述实施例,但是一旦充分领会上述公开内容,许多变化和修改对本领域技术人员而言将变得显而易见。旨在将所附权利要求解释为包含所有这些变化和修改。

[0167] 除非另有说明,否则本公开中提供的特征的示例旨在说明性而非限制性。上述描述旨在涵盖对受益于本公开的本领域技术人员显而易见的备选、修改和等同。

[0168] 本公开的范围包括本文公开的任何特征或特征组合(明确地或隐含地),或其任何一般化,无论其是否缓解了本文解决的任何或所有问题。因此,可以在本申请(或要求其优先权的申请)的审查期间对任何这种特征组合提出新的权利要求。具体地,参考所附权利要求,来自从属权利要求的特征可以与独立权利要求的特征组合,并且来自相应独立权利要求的特征可以以任何适当的方式组合,而不仅仅是在所附权利要求中列举的特定组合。



图1

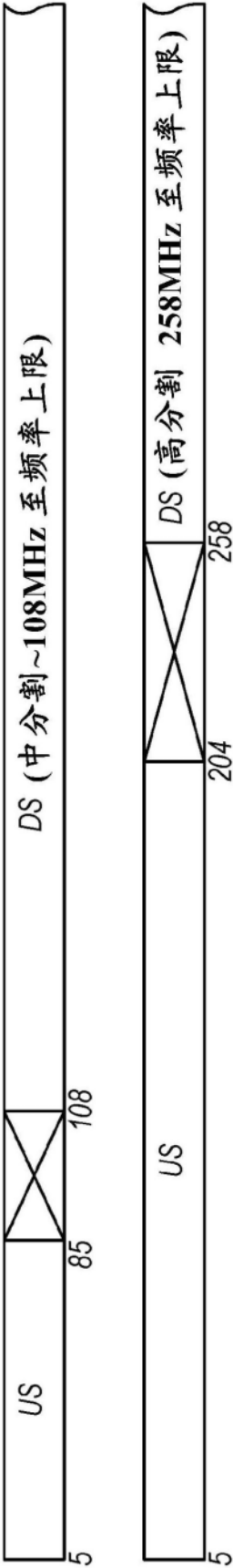


图2

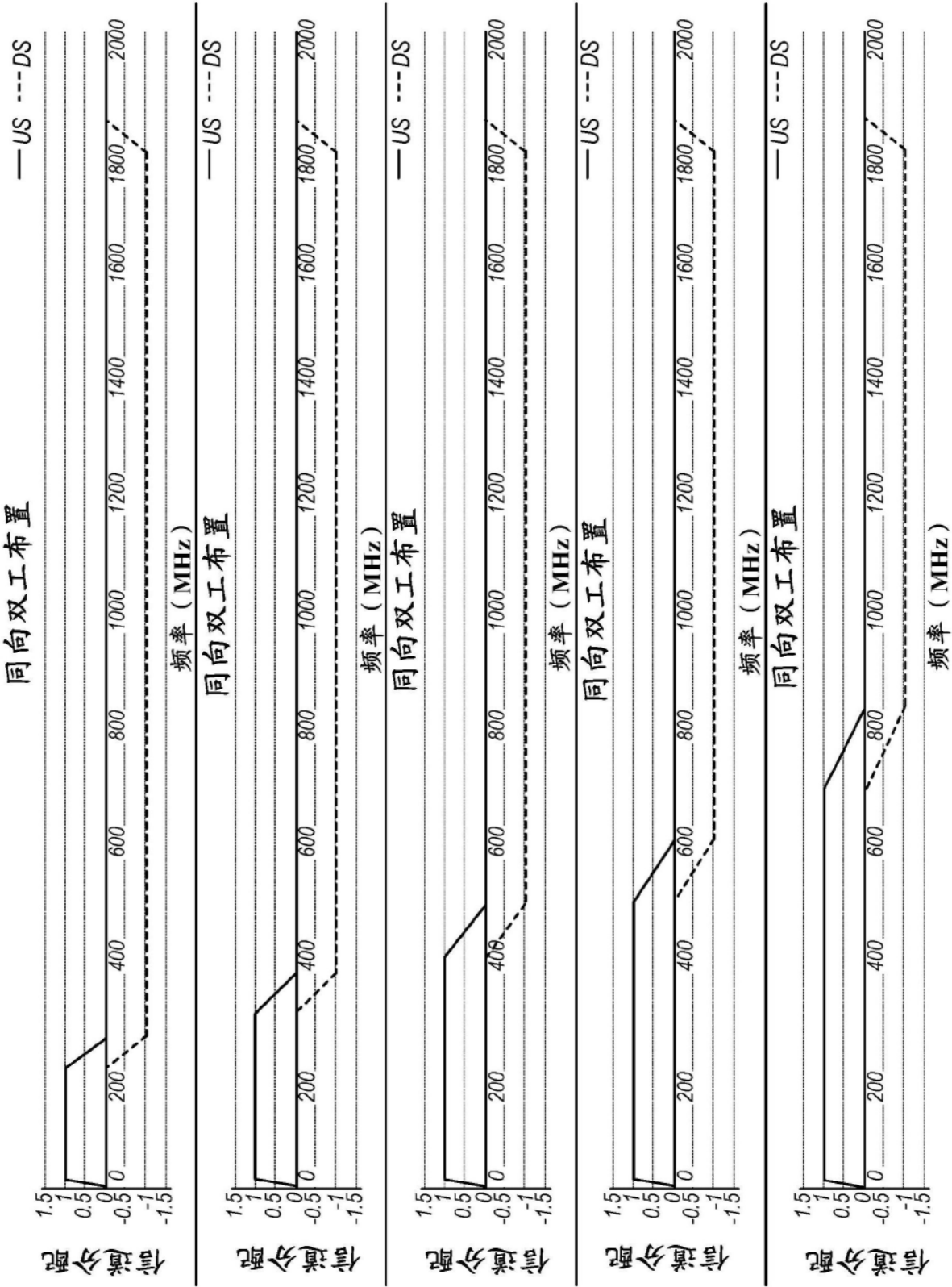


图3

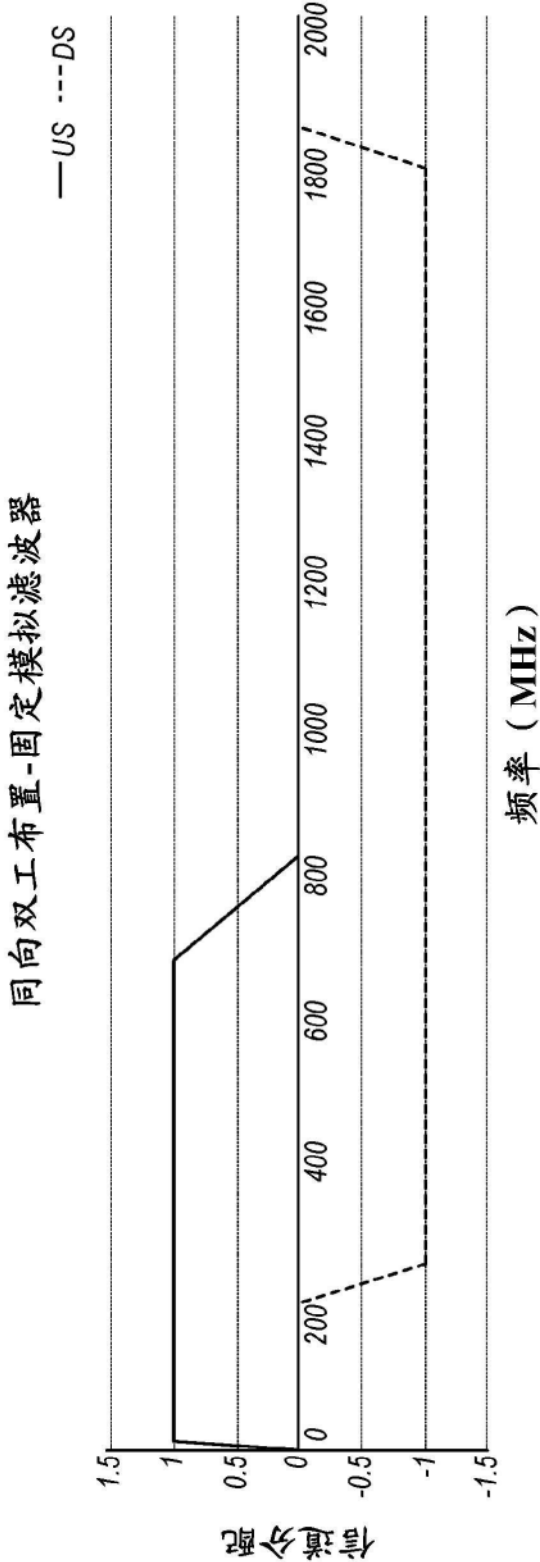


图4

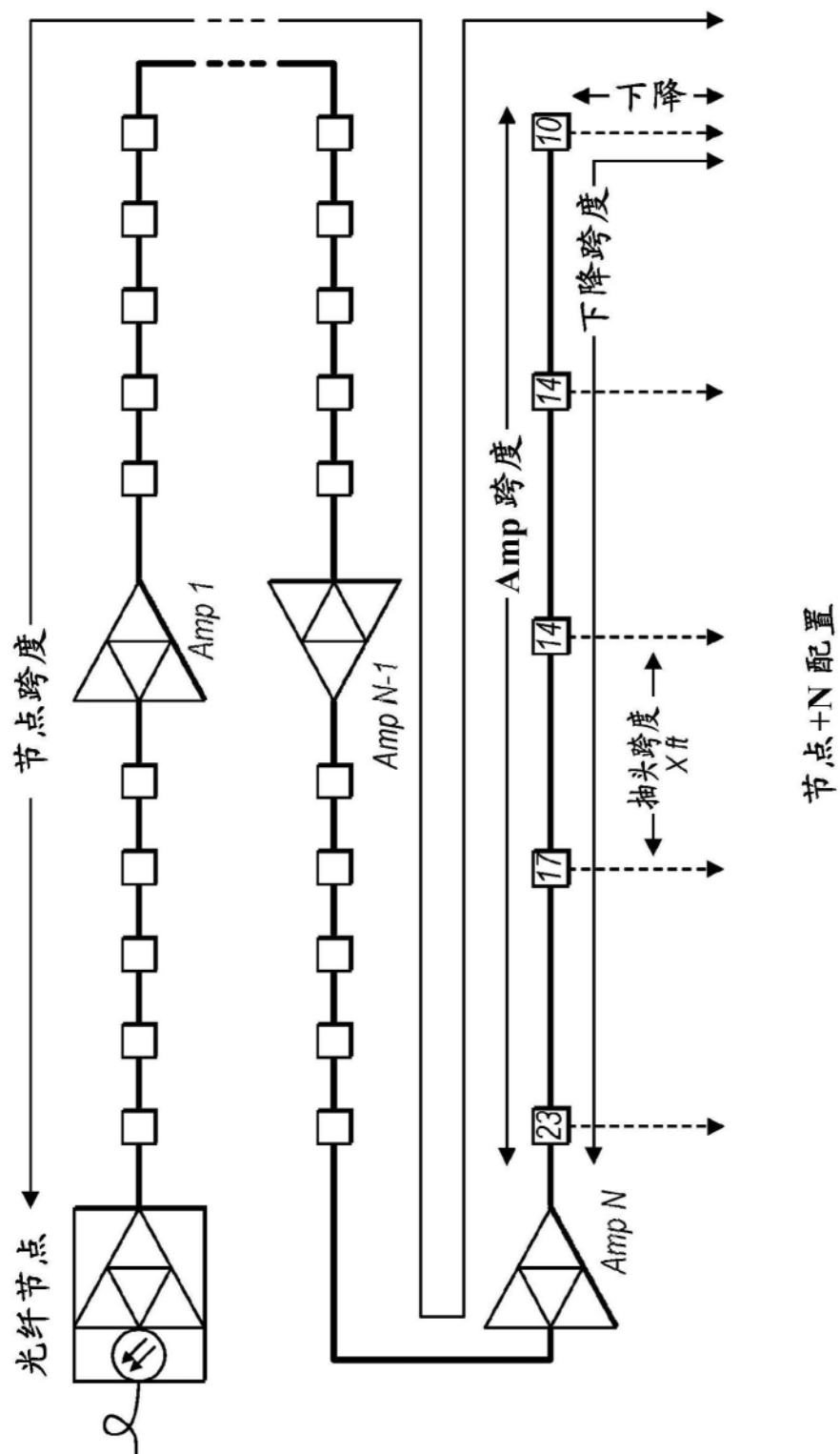
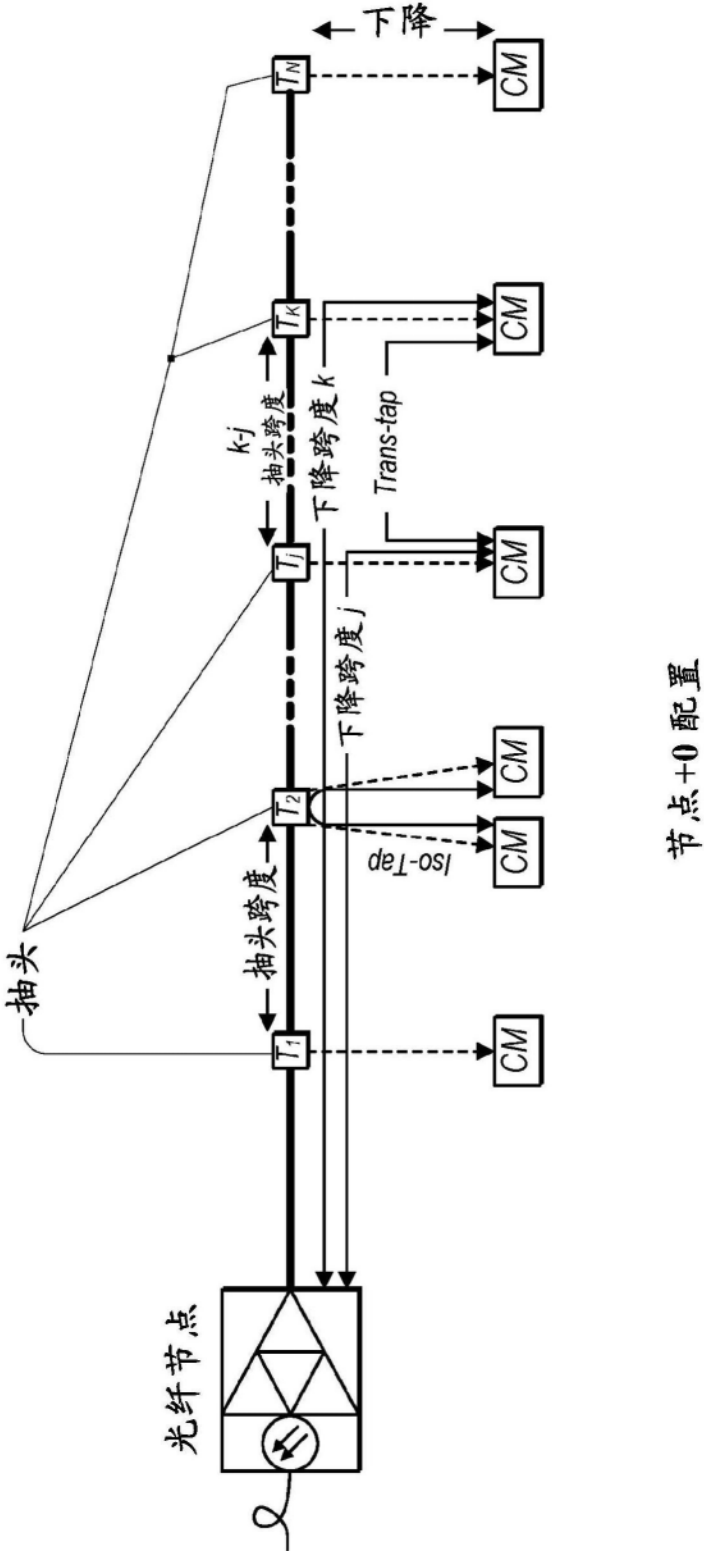


图5



节点+0 配置

图6

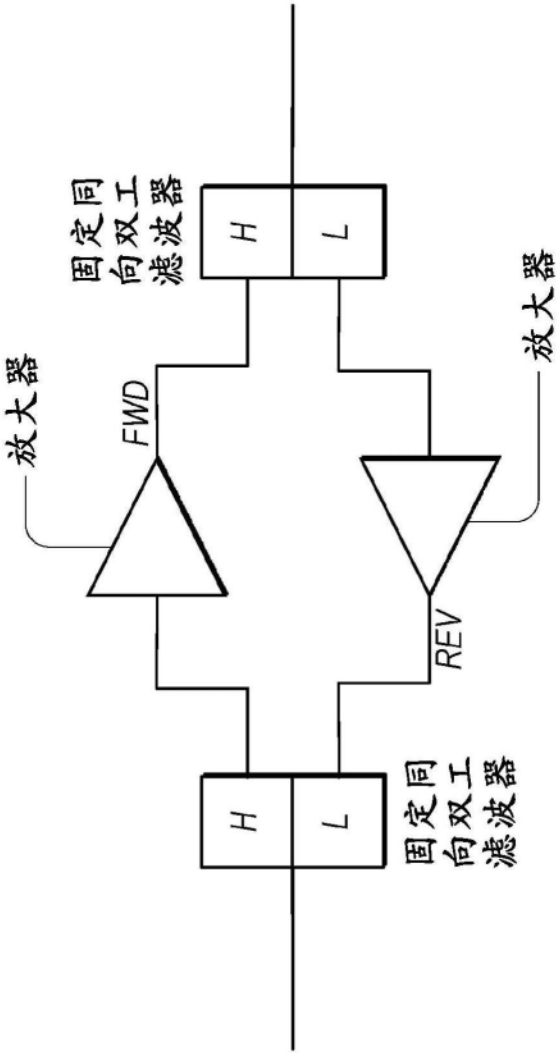


图7

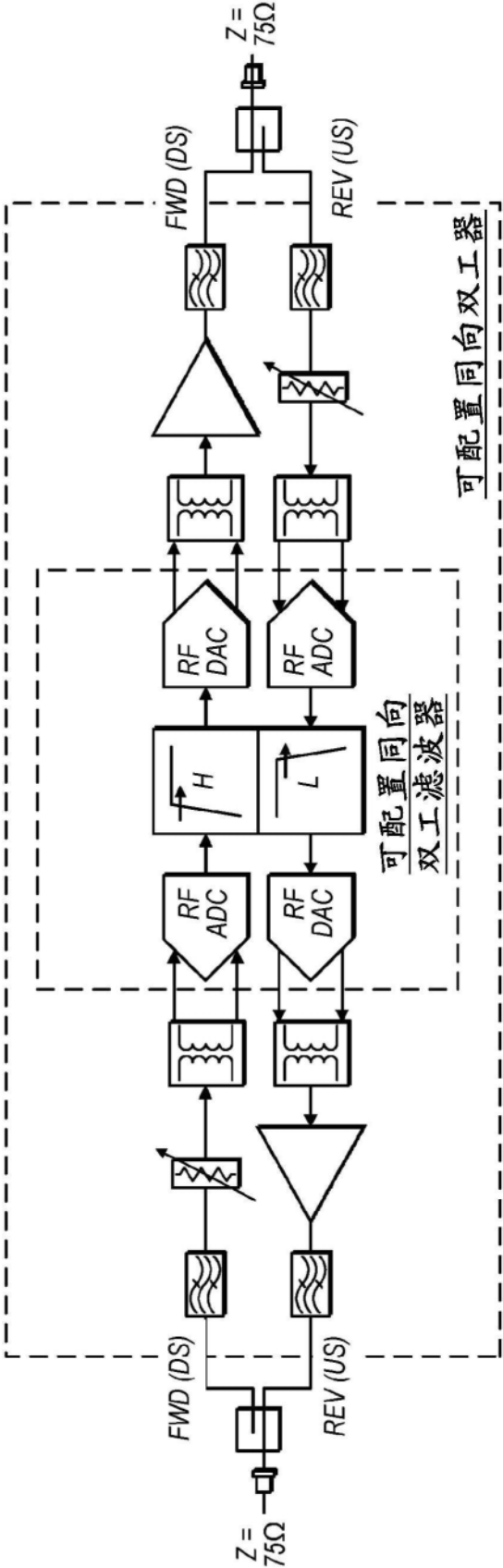


图8

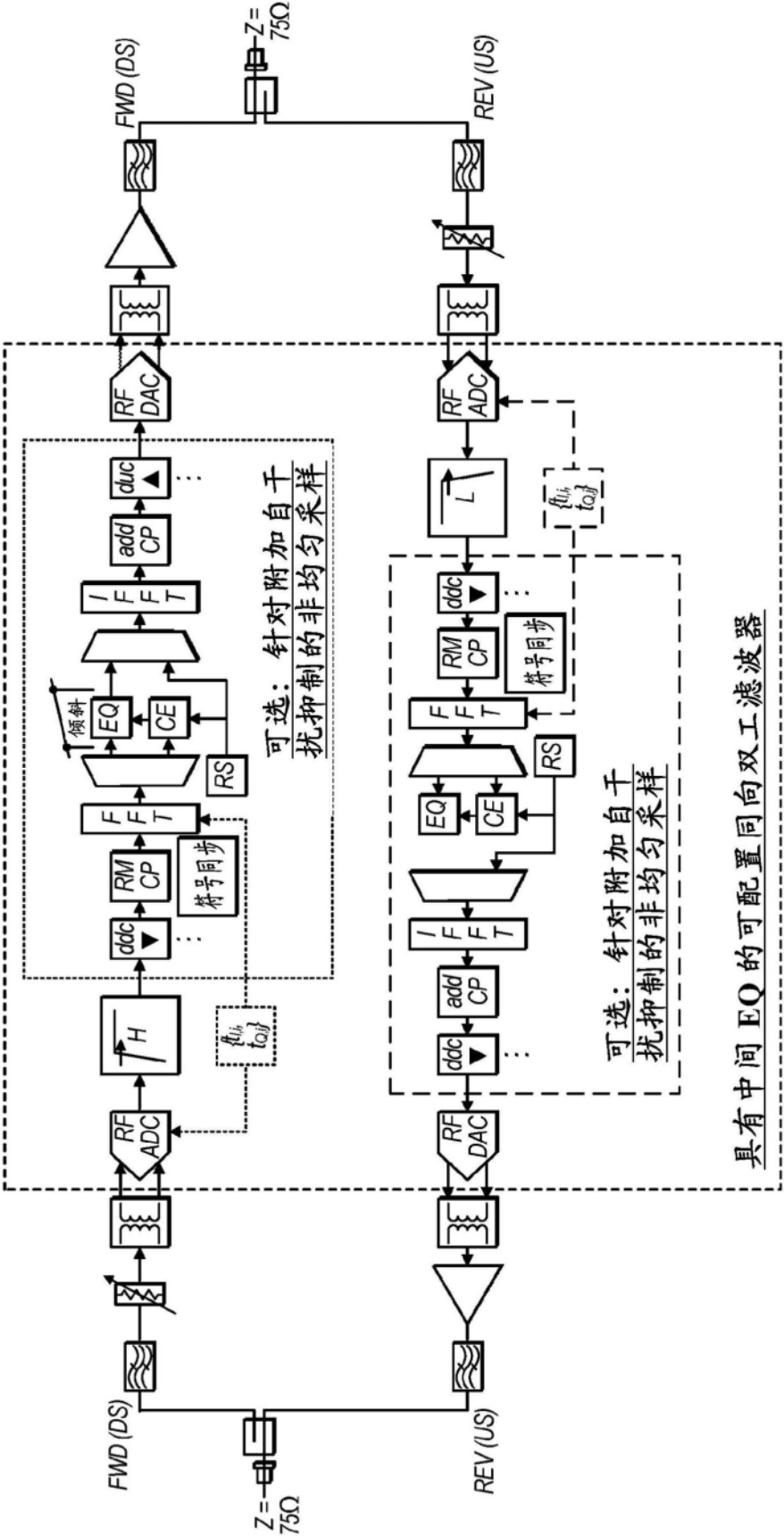


图9

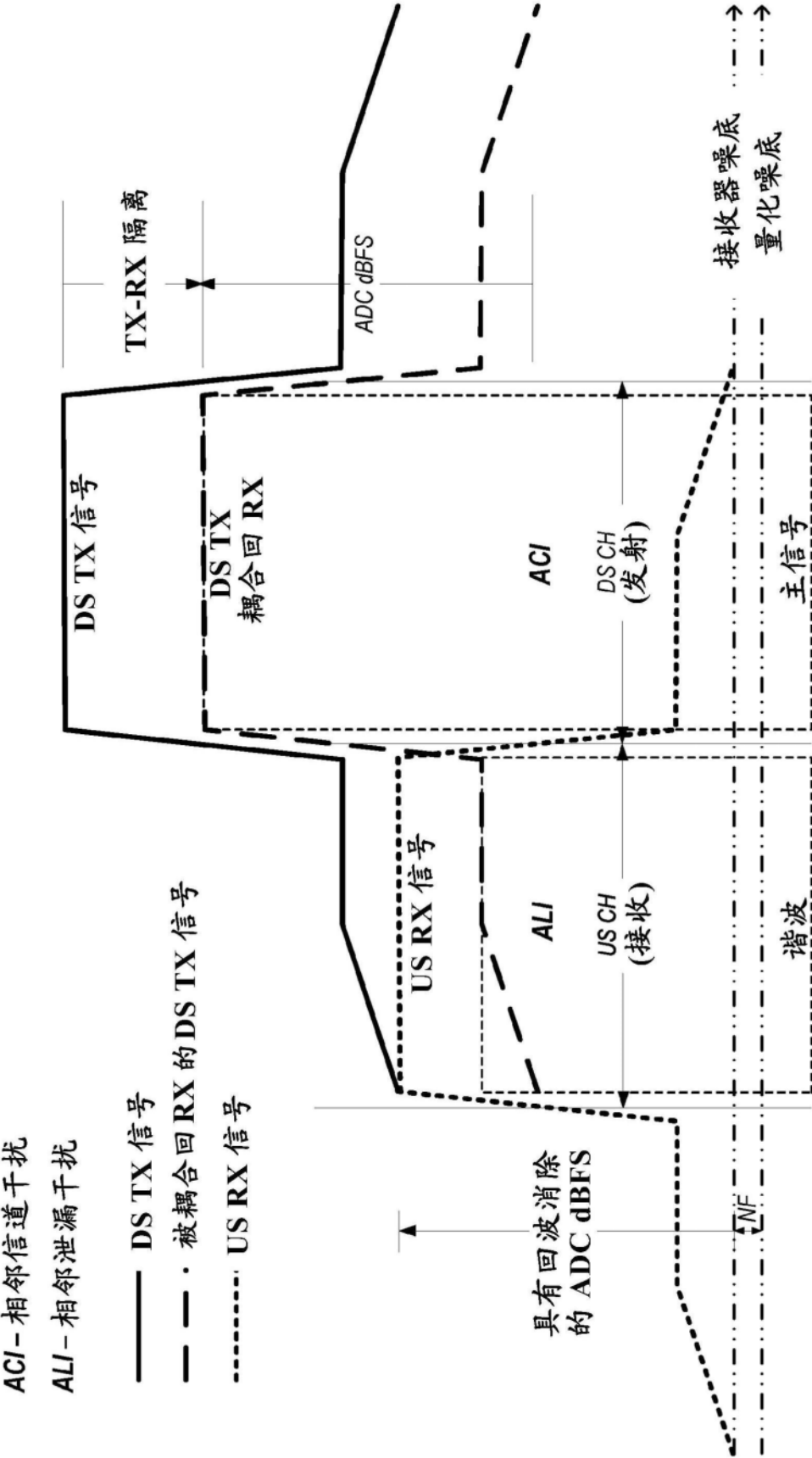


图10

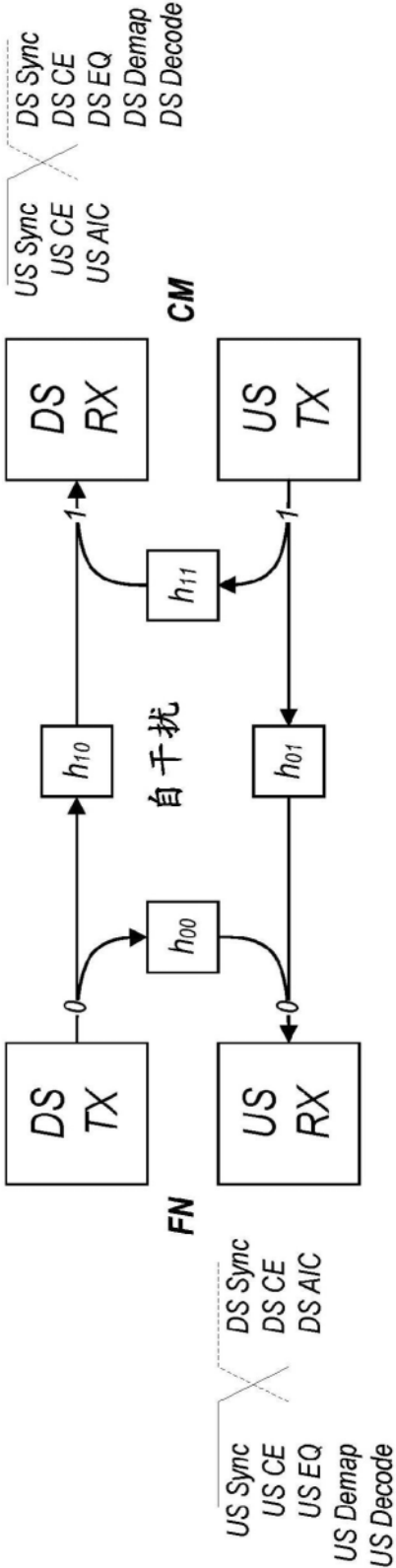


图11

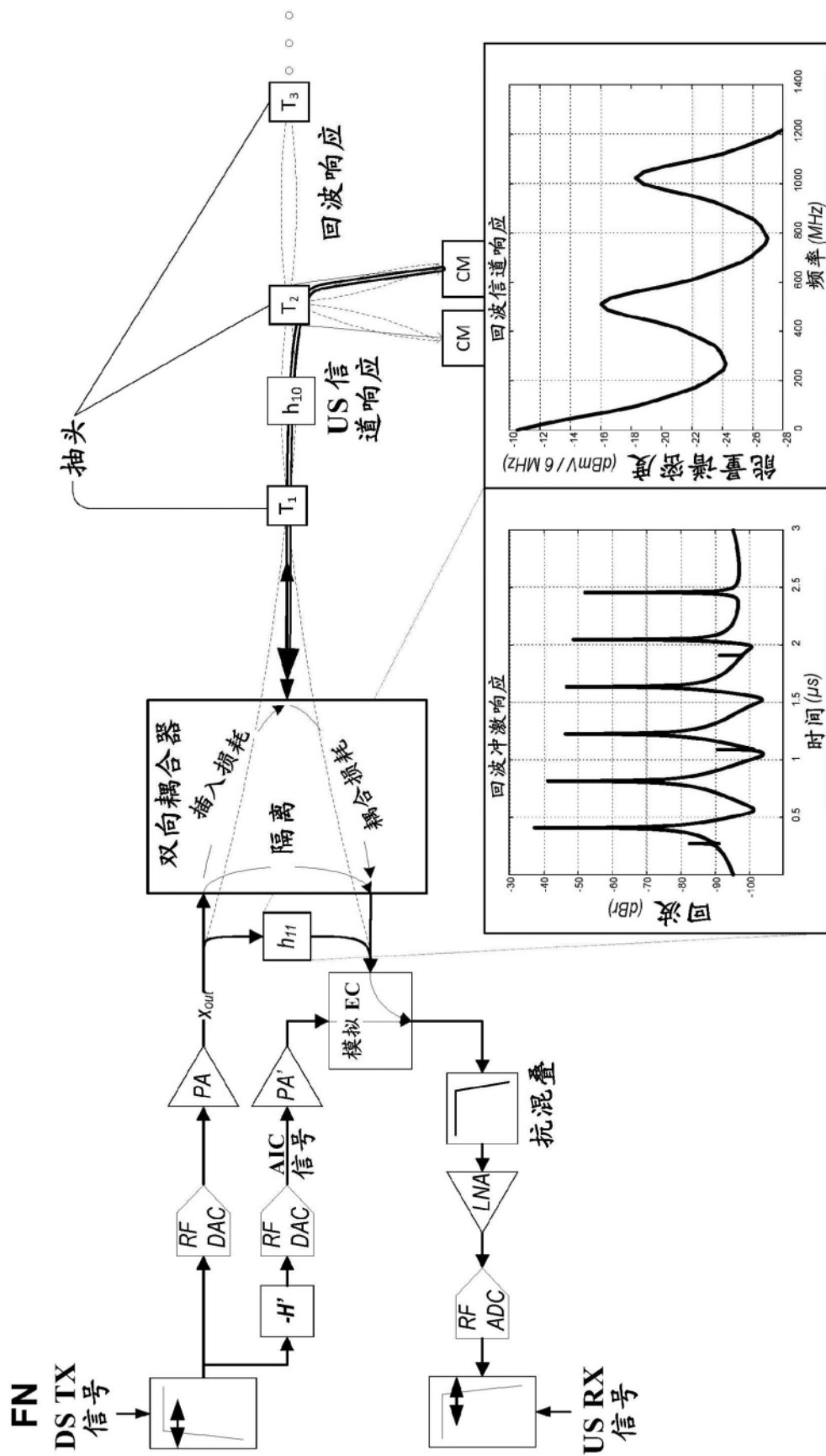


图12

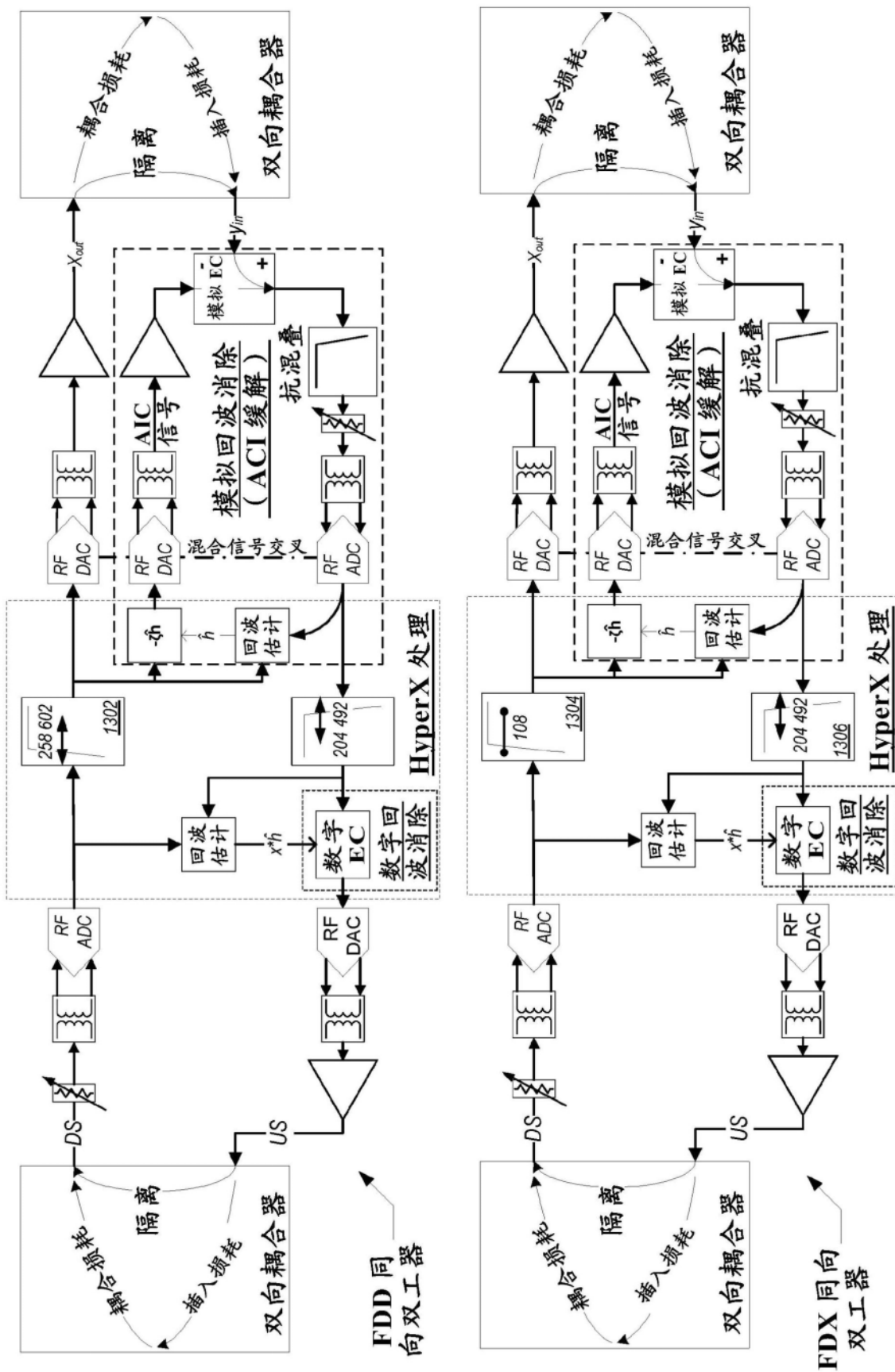


图13

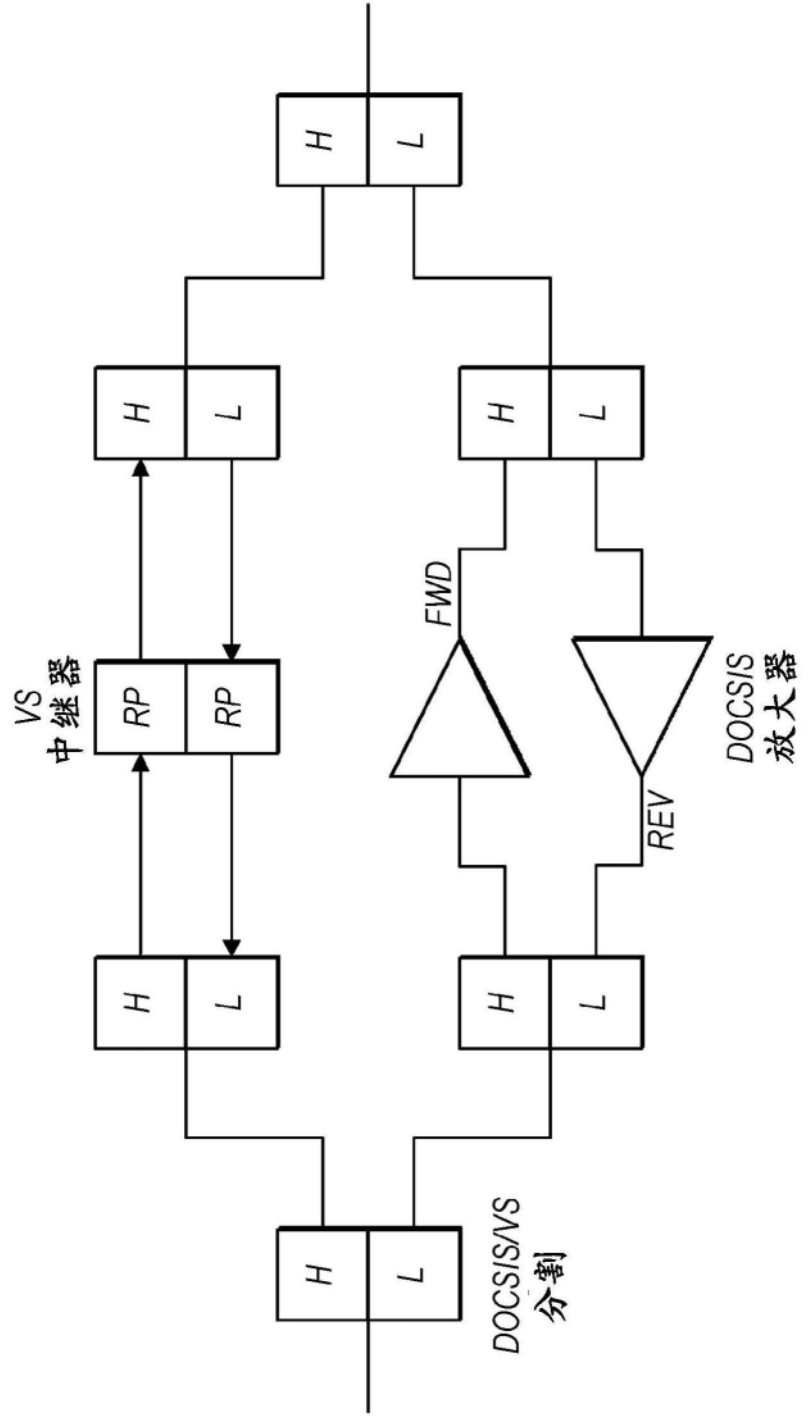


图14

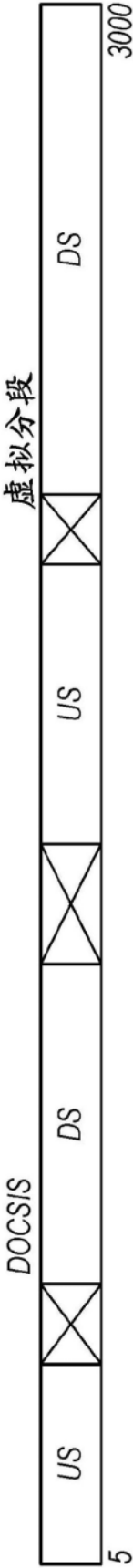


图15

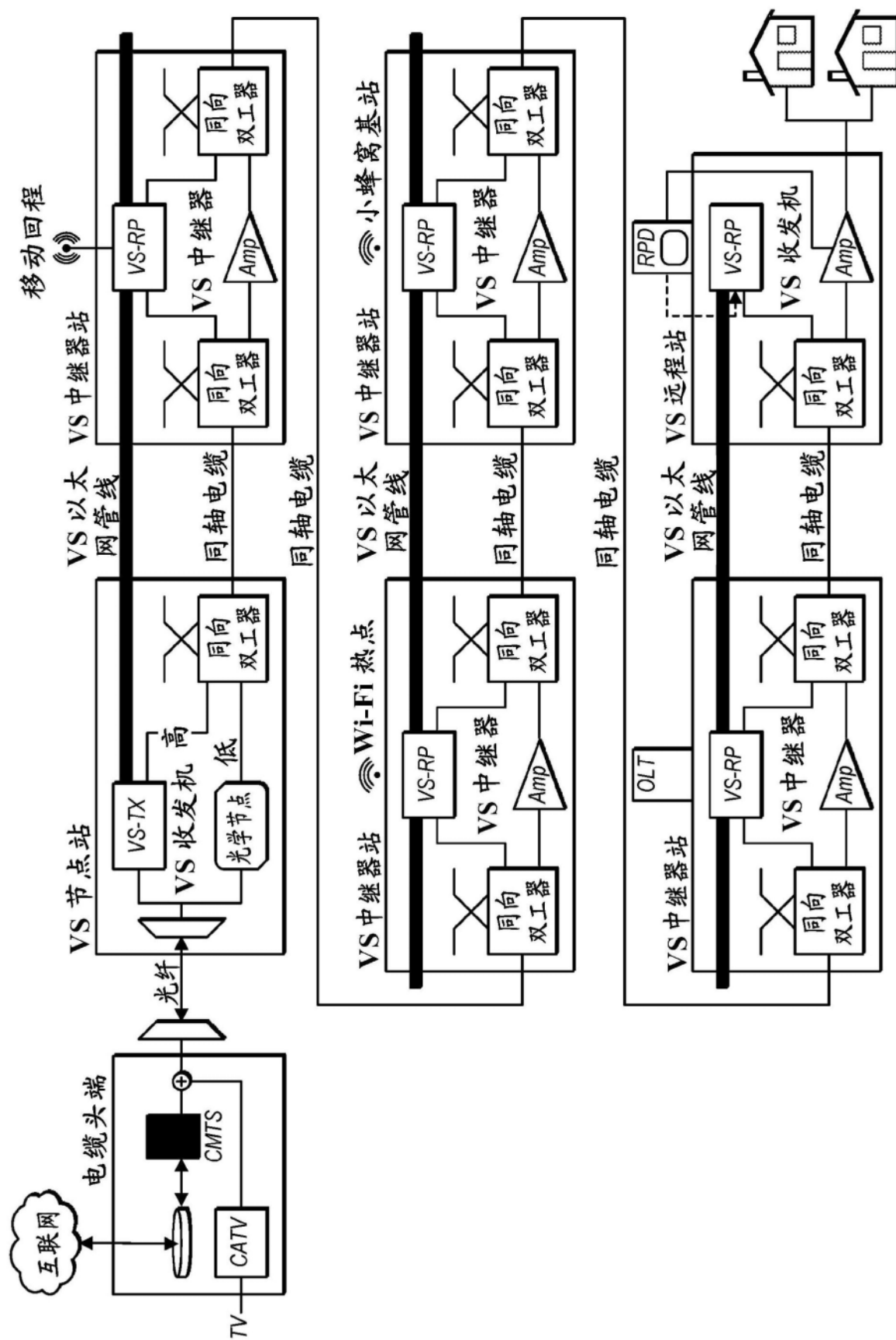


图16