



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107994947 A

(43)申请公布日 2018.05.04

(21)申请号 201711216467.X

H04B 10/556(2013.01)

(22)申请日 2017.11.28

(71)申请人 中国科学院国家授时中心

地址 710600 陕西省西安市临潼区骊山街
道办事处书院东路3号

(72)发明人 姜海峰 赵文字 赵粹臣 闫露露
张首刚

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任
公司 61200

代理人 田洲

(51)Int.Cl.

H04B 10/25(2013.01)

H04B 10/2507(2013.01)

H04B 10/2575(2013.01)

H04B 10/50(2013.01)

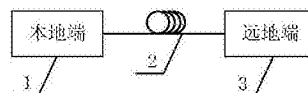
权利要求书2页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

S型往返变频式光纤高精度频率传递系统及
方法

(57)摘要

本发明公开一种S型往返变频式光纤高精度频率传递系统及方法,通过将传递频率 f 两次前向和一次后向的S型往返传递实现,每次传递方向改变的同时利用变频器件改变传输主频,在远端将两次前向传递的频率信号: $f/3$ 频率和 f 频率混频,其中 f 频率信号经过了1次光纤链路传递,而 $f/3$ 频率信号经过了3次光纤链路传递,根据信号频率的比例关系,两频率信号混频能够抵消光纤链路上相位扰动的影响,还原出相位与本地端参考信号同步的微波频率信号。这种S路径变频传递的方法简单易实现,简化了相位补偿结构,且避免了站点中同频的强信号和弱信号之间的干扰,进一步保证了频率传递的质量。



1. S型往返变频式光纤高精度频率传递系统,其特征在于,包括本地端(1)、光纤链路(2)和远地端(3);

本地端(1)和远地端(3)通过光纤链路(2)连接;

本地端包括本地端激光器(4)、第一电光调制器(5)、第一光环行器(6)、第一光电探测器(7)、第一低噪声放大器(8)、3分频器(9)、2倍频器(10)和功率合路器(11);

本地端激光器(4)的输出端连接第一电光调制器(5)的入光端口;第一电光调制器(5)的出光端口连接第一光环行器(6)的第一端口,第一光环行器(6)的第二端口连接光纤链路(2)的一端;第一光环行器(6)的第三端口连接第一光电探测器(7)的输入端,第一光电探测器(7)的输出端连接第一低噪声放大器(8)的输入端,第一低噪声放大器(8)的输出端连接3分频器(9)的输入端,3分频器(9)的输出端连接2倍频器(10)的输入端,2倍频器(10)的输出端连接功率合路器(11)的S端口;本地参考信号连接功率合路器(11)的第一端口,功率合路器(11)的第二端口连接第一电光调制器(5)的调制端口。

2. 根据权利要求1所述的S型往返变频式光纤高精度频率传递系统,其特征在于,本地参考信号经功率合路器(11)后输入电光调制器(5),加载到本地端激光器(4)产生的光载波上,通过第一光环行器(6)耦合进入光纤链路(2)发送至远地端(3)。

3. 根据权利要求1所述的S型往返变频式光纤高精度频率传递系统,其特征在于,远地端(3)包括远地端激光器(12)、第二光电调制器(13)、第二光环行器(14)、第二光电探测器(15)、第一功率分配器(16)、第一滤波器(17)、第二滤波器(18)、第二低噪声放大器(19)、第三低噪声放大器(20)、第二功率分配器(21)、2分频器(22)和混频器(23);

远地端激光器(12)的输出端连接第二光电调制器(13)的入光端口,第二光电调制器(13)的出光端口连接第二光环行器(14)的第一端口;第二光环行器(14)的第二端口连接光纤链路(2)的另一端;第二光环行器(14)的第三端口连接第二光电探测器(15)的输入端,第二光电探测器(15)的输出端连接第一功率分配器(16)的输入端,第一功率分配器(16)的输出分成两路:第一输出端和第二输出端;第一输出端连接第一滤波器(17)的输入端,第一滤波器(17)的输出端连接第二低噪声放大器(19)的输入端,第二低噪声放大器(19)的输出端连接混频器(23)的第一输入端,混频器(23)的输出端输出远端信号;第一输出端连接第二滤波器(18)的输入端,第二滤波器(18)的输出端连接第三低噪声放大器(20)的输入端,第三低噪声放大器(20)的输出端连接第二功率分配器(21)的输入端;第二功率分配器(21)的第一输出端连接混频器(23)的第二输入端;第二功率分配器(21)的第二输出端连接2分频器(22)的输入端;2分频器(22)的输出端连接电光调制器(13)的调制端口。

4. 根据权利要求3所述的S型往返变频式光纤高精度频率传递系统,其特征在于,本地端(1)所发送信号 f 在远地端(3)中经第二光环行器(14)耦合后,由第二光电探测器(15)接收,再经第一功率分配器(16)分成两路:第一功率分配器(16)的一路输出由第二滤波器(18)滤除杂波,纯净的信号 f 经第三低噪声放大器(20)输入第二功率分配器(21),第二功率分配器(21)的输出分成两路,第二功率分配器(21)的一路输出经2分频器(22)得到 $f/2$ 频率信号通过第二电光调制器(13)调制远地端激光器(12)输出的激光载波,通过第二光环行器(14)回传近地端;

远地端 $f/2$ 回传信号经过本地端第一光环行器(6)被第一光电探测器(7)接收,经第一低噪声放大器(8)功率放大后输入3分频器(9)和2倍频器(10)得到 $f/3$ 频率信号,输入功率

合路器(11)经第一电光调制器(5)调制本地激光器(4)输出光载波信号再次发送至远地端(3)；

远地端通过第二光环形器(14)耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$ ，并利用第二光电探测器(15)接收，经过第一功率分配器(16)另一路输出，到达第一滤波器(17)滤除杂波频率成分，再以第二低噪声放大器(19)功率放大后与第二功率分配器(21)另一路输出的 f 频率信号经过混频器(23)混频，在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

5.S型往返变频式光纤高精度频率传递方法，其特征在于，基于权利要求1至4中任一项所述的S型往返变频式光纤高精度频率传递系统，包括：

a)本地参考信号 f 经功率合路器(11)后输入电光调制器(5)，加载到本地端激光器(4)产生的光载波上，通过第一光环形器(6)耦合进入光纤链路(2)发送至远地端(3)；

b)本地端(1)所发送信号 f 在远地端(3)中经第二光环形器(14)耦合后，由第二光电探测器(15)接收，再经第一功率分配器(16)分成两路：第一功率分配器(16)的一路输出由第二滤波器(18)滤除杂波，纯净的信号 f 经第三低噪声放大器(20)输入第二功率分配器(21)，第二功率分配器(21)的输出分成两路，第二功率分配器(21)的一路输出经2分频器(22)得到 $f/2$ 频率信号通过第二电光调制器(13)调制远地端激光器(12)输出的激光载波，通过第二光环形器(14)回传近地端；

c)远地端 $f/2$ 回传信号经过本地端第一光环形器(6)被第一光电探测器(7)接收，经第一低噪声放大器(8)功率放大后输入3分频器(9)和2倍频器(10)得到 $f/3$ 频率信号，输入功率合路器(11)经第一电光调制器(5)调制本地激光器(4)输出光载波信号再次发送至远地端(3)；

d)远地端通过第二光环形器(14)耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$ ，并利用第二光电探测器(15)接收，经过第一功率分配器(16)另一路输出，到达第一滤波器(17)滤除杂波频率成分，再以第二低噪声放大器(19)功率放大后与第二功率分配器(21)另一路输出的 f 频率信号经过混频器(23)混频，在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

6.S型往返变频式光纤高精度频率传递方法，其特征在于，通过将传递频率 f 两次前向和一次后向的S型往返传递实现，每次传递方向改变的同时利用变频器件改变传输主频，在远端将两次前向传递的频率信号： $f/3$ 频率和 f 频率混频，其中 f 频率信号经过了1次光纤链路传递，而 $f/3$ 频率信号经过了3次光纤链路传递，根据信号频率的比例关系，两频率信号混频能够抵消光纤链路上相位扰动的影响，还原出相位与本地端参考信号同步的微波频率信号。

S型往返变频式光纤高精度频率传递系统及方法

技术领域

[0001] 本发明涉及光纤时间频率传递技术领域,特别是涉及一种S型往返变频式光纤高精度频率传递系统及方法。

背景技术

[0002] 传递频率标准的方式有很多,传统的频率传递方式主要是自由空间传播,包括短波授时、长波授时、GPS等。光纤频率传递是一种新兴的基于光纤的高精度频率信号传递技术。当加载标准微波频率的光信号沿光纤传递时,光纤受到外界环境(如温度、湿度、应力、震动等)变化的影响会使得光载波传递的时间延迟发生改变,导致标准频率传递稳定度恶化,利用相应技术补偿光纤链路上引入的相位噪声可以在远距离外获得高精度同步信号。但是,现有光纤微波频率传递方案均为在一条光纤链路上往返传递同一信号,在弱信号探测时容易受到本地同频强信号干扰,传输的精度和可靠性较差。光纤传递技术可以在百公里甚至以上距离线路上实现E-19/日量级的频率传递,远远优于目前广泛应用的卫星授时技术,目前E-19/日量级的光纤高精度频率传递技术初步应用于科学研究及工程技术领域。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种S型往返变频式光纤高精度频率传递系统及方法,以解决上述技术问题,使得传输稳定度可以有望达到E-19/日量级,满足下一代频率标准对频率传输精度的需求。

[0004] 为解决上述技术问题,本发明所采用的技术方案是:

[0005] S型往返变频式光纤高精度频率传递系统,包括本地端、光纤链路和远地端;本地端和远地端通过光纤链路连接;本地端包括本地端激光器、第一电光调制器、第一光环形器、第一光电探测器、第一低噪声放大器、3分频器、2倍频器和功率合路器;本地端激光器的输出端连接第一电光调制器的入光端口;第一电光调制器的出光端口连接第一光环形器的第一端口,第一光环形器的第二端口连接光纤链路的一端;第一光环形器的第三端口连接第一光电探测器的输入端,第一光电探测器的输出端连接第一低噪声放大器的输入端,第一低噪声放大器的输出端连接3分频器的输入端,3分频器的输出端连接2倍频器的输入端,2倍频器的输出端连接功率合路器的S端口;本地参考信号连接功率合路器的第一端口,功率合路器的第二端口连接第一电光调制器的调制端口。

[0006] 进一步的,本地参考信号经功率合路器后输入电光调制器,加载到本地端激光器产生的光载波上,通过第一光环形器耦合进入光纤链路发送至远地端。

[0007] 进一步的,远地端包括远地端激光器、第二光电调制器、第二光环形器、第二光电探测器、第一功率分配器、第一滤波器、第二滤波器、第二低噪声放大器、第三低噪声放大器、第二功率分配器、2分频器和混频器;远地端激光器的输出端连接第二光电调制器的入光端口,第二光电调制器的出光端口连接第二光环形器的第一端口;第二光环形器的第二端口连接光纤链路的另一端;第二光环形器的第三端口连接第二光电探测器的输入端,第

二光电探测器的输出端连接第一功率分配器的输入端,第一功率分配器的输出分成两路:第一输出端和第二输出端;第一输出端连接第一滤波器的输入端,第一滤波器的输出端连接第二低噪声放大器的输入端,第二低噪声放大器的输出端连接混频器的第一输入端,混频器的输出端输出远端信号;第一输出端连接第二滤波器的输入端,第二滤波器的输出端连接第三低噪声放大器的输入端,第三低噪声放大器的输出端连接第二功率分配器的输入端;第二功率分配器的第一输出端连接混频器的第二输入端;第二功率分配器的第二输出端连接2分频器的输入端;2分频器的输出端连接电光调制器的调制端口。

[0008] 进一步的,本地端所发送信号 f 在远地端中经第二光环形器耦合后,由第二光电探测器接收,再经第一功率分配器分成两路:第一功率分配器的一路输出由第二滤波器滤除杂波,纯净的信号 f 经第三低噪声放大器输入第二功率分配器,第二功率分配器的输出分成两路,第二功率分配器的一路输出经2分频器得到 $f/2$ 频率信号通过第二电光调制器调制远地端激光器输出的激光载波,通过第二光环形器回传近地端;

[0009] 远地端 $f/2$ 回传信号经过本地端第一光环形器被第一光电探测器接收,经第一低噪声放大器功率放大后输入3分频器和2倍频器得到 $f/3$ 频率信号,输入功率合路器经第一电光调制器调制本地激光器输出光载波信号再次发送至远地端;远地端通过第二光环形器耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$,并利用第二光电探测器接收,经过第一功率分配器另一路输出,到达第一滤波器滤除杂波频率成分,再以第二低噪声放大器功率放大后与第二功率分配器另一路输出的 f 频率信号经过混频器混频,在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

[0010] S型往返变频式光纤高精度频率传递方法,包括:

[0011] a) 本地参考信号 f 经功率合路器后输入电光调制器,加载到本地端激光器产生的光载波上,通过第一光环形器耦合进入光纤链路发送至远地端;

[0012] b) 本地端所发送信号 f 在远地端中经第二光环形器耦合后,由第二光电探测器接收,再经第一功率分配器分成两路:第一功率分配器的一路输出由第二滤波器滤除杂波,纯净的信号 f 经第三低噪声放大器输入第二功率分配器,第二功率分配器的输出分成两路,第二功率分配器的一路输出经2分频器得到 $f/2$ 频率信号通过第二电光调制器调制远地端激光器输出的激光载波,通过第二光环形器回传近地端;

[0013] c) 远地端 $f/2$ 回传信号经过本地端第一光环形器被第一光电探测器接收,经第一低噪声放大器功率放大后输入3分频器和2倍频器得到 $f/3$ 频率信号,输入功率合路器经第一电光调制器调制本地激光器输出光载波信号再次发送至远地端;

[0014] d) 远地端通过第二光环形器耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$,并利用第二光电探测器接收,经过第一功率分配器另一路输出,到达第一滤波器滤除杂波频率成分,再以第二低噪声放大器功率放大后与第二功率分配器另一路输出的 f 频率信号经过混频器混频,在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

[0015] 本发明的频率传递方法通过将传递频率两次前向和一次后向的S型往返传递实现,每次传递方向改变的同时利用变频器件改变传输主频,在远端将两次前向传递的频率信号($f/3$ 频率和 f 频率)混频,其中 f 频率信号经过了1次光纤链路传递,而 $f/3$ 频率信号经过了3次光纤链路传递,根据信号频率的比例关系,两频率信号混频能够抵消光纤链路上相位扰动的影响,还原出相位与本地端参考信号同步的微波频率信号。

[0016] S型往返变频式光纤高精度频率传递方法,包括:

[0017] a) 将本地端频率信号 f 调制到激光载波上,通过光环形器耦合到光纤链路传递至远地端;

[0018] b) 远地端通过光环形器耦合得到本地端传来频率信号 f ,利用光电探测器接收该信号,通过功率分配器分成两路,由对应频率的窄带滤波器得到本地端发出的 f 频率信号,并利用低噪声放大器对信号功率放大,再用功率分配器分成两路,一路经2分频器得到 $f/2$ 频率信号调制远地端激光载波,回传近地端,另一路d)中使用;

[0019] c) 本地端接收远地端 $f/2$ 回传信号,功率放大后经3分频器和2倍频器得到 $f/3$ 频率信号,以其调制本地激光载波信号再次发送至远地端;

[0020] d) 远地端通过光环形器耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$,并利用光电探测器接收,经过滤波去除杂波频率成分,功率放大后与b)中得到的 f 频率信号混频,即在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

[0021] 与现有技术相比,本发明的有益效果是:

[0022] 1) 本发明利用变频技术实现在光纤链路中S型往返传输的微波频率均不相同,所以能够使用同一波长的激光作为载波,避免由于不同波长传递的方法造成等效光路不对称带来的稳定度指标下降;

[0023] 2) 本发明利用变频技术实现在本地端和远地端所探测接收的弱信号与站内强信号频率不同,避免了由于必然存在的微波泄漏所造成的信号干扰,提高了频率传递可实现的稳定度指标极限。

[0024] 3) 本发明将本地参考频率传至远地端,远地端将接收到的探测信号2分频后传回本地端,传回信号变频为本地参考频率的 $1/3$ 后再传送至远地端,远地端将两次接收到的频率信号混频,直接即可消除链路上的相位扰动量。这种方法避免了站点中同频的强信号和弱信号之间的干扰,也简化了相位补偿电路的结构,保证高精度频率传递质量。

附图说明

[0025] 图1是本发明S型往返变频式光纤高精度频率传递系统的结构框图;

[0026] 图2是本地端结构示意图;

[0027] 图3是远地端结构示意图。

具体实施方式

[0028] 下面结合附图对本发明的较佳实施例进行详细阐述,以使本发明的优点和特征更易于被本领域技术人员理解,从而对本发明的保护范围做出更为清晰明确的界定。

[0029] 请参阅图1所示,本发明一种S型往返变频式光纤高精度频率传递系统,包括:本地端1、光纤链路2和远地端3。本地端1和远地端3通过光纤链路2连接。

[0030] 请参阅图2所示,本地端1包括本地端激光器4、第一电光调制器5、第一光环形器6、第一光电探测器7、第一低噪声放大器8、3分频器9、2倍频器10和功率合路器11。

[0031] 本地端激光器4的输出端连接第一电光调制器5的入光端口。第一光环形器6包括三个端口:第一端口、第二端口和第三端口;这三个端口进出光走向按照环形器方向(顺/逆时针),当前端口进光,则在方向上的下一端口出光。第一电光调制器5的出光端口连接第一

光环形器6的第一端口,第一光环形器6的第二端口连接光纤链路2的一端;

[0032] 第一光环形器6的第三端口连接第一光电探测器7的输入端,第一光电探测器7的输出端连接第一低噪声放大器8的输入端,第一低噪声放大器8的输出端连接3分频器9的输入端,3分频器9的输出端连接2倍频器10的输入端,2倍频器10的输出端连接功率合路器11的S端口;本地参考信号连接功率合路器11的第一端口,功率合路器11的第二端口连接第一电光调制器5的调制端口。

[0033] 本地参考信号经功率合路器11后输入电光调制器5,加载到本地端激光器4产生的光载波上,通过第一光环形器6耦合进入光纤链路2发送至远地端3。

[0034] 远地端3包括远地端激光器12、第二光电调制器13、第二光环形器14、第二光电探测器15、第一功率分配器16、第一滤波器17、第二滤波器18、第二低噪声放大器19、第三低噪声放大器20、第二功率分配器21、2分频器22和混频器23;

[0035] 远地端激光器12的输出端连接第二光电调制器13的入光端口,第二光电调制器13的出光端口连接第二光环形器14的第一端口;第二光环形器14的第二端口连接光纤链路2的另一端;第二光环形器14的第三端口连接第二光电探测器15的输入端,第二光电探测器15的输出端连接第一功率分配器16的输入端,第一功率分配器16的输出分成两路:第一输出端和第二输出端;第一输出端连接第一滤波器17的输入端,第一滤波器17的输出端连接第二低噪声放大器19的输入端,第二低噪声放大器19的输出端连接混频器23的第一输入端,混频器23的输出端输出远端信号。第一输出端连接第二滤波器18的输入端,第二滤波器18的输出端连接第三低噪声放大器20的输入端,第三低噪声放大器20的输出端连接第二功率分配器21的输入端;第二功率分配器21的第一输出端连接混频器23的第二输入端;第二功率分配器21的第二输出端连接2分频器22的输入端;2分频器22的输出端连接电光调制器13的调制端口。

[0036] 本地端1所发送信号 f 在远地端3中经第二光环形器14耦合后,由第二光电探测器15接收,再经第一功率分配器16分成两路:第一功率分配器16的一路输出由第二滤波器18滤除杂波,纯净的信号 f 经第三低噪声放大器20输入第二功率分配器21,第二功率分配器21的输出分成两路,第二功率分配器21的一路输出经2分频器22得到 $f/2$ 频率信号通过第二电光调制器13调制远地端激光器12输出的激光载波,通过第二光环形器14回传近地端。

[0037] 远地端 $f/2$ 回传信号经过本地端第一光环形器6被第一光电探测器7接收,经第一低噪声放大器8功率放大后输入3分频器9和2倍频器10得到 $f/3$ 频率信号,输入功率合路器11经第一电光调制器5调制本地激光器4输出光载波信号再次发送至远地端3。

[0038] 远地端通过第二光环形器14耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$,并利用第二光电探测器15接收,经过第一功率分配器16另一路输出,到达第一滤波器17滤除杂波频率成分,再以第二低噪声放大器19功率放大后与第二功率分配器21另一路输出的 f 频率信号经过混频器23混频,在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

[0039] 本发明一种S型往返变频式光纤高精度频率传递方法,包括以下步骤:

[0040] a) 本地参考信号 f 经功率合路器11后输入电光调制器5,加载到本地端激光器4产生的光载波上,通过第一光环形器6耦合进入光纤链路2发送至远地端3;

[0041] b) 本地端1所发送信号 f 在远地端3中经第二光环形器14耦合后,由第二光电探测器15接收,再经第一功率分配器16分成两路:第一功率分配器16的一路输出由第二滤波器

18滤除杂波,纯净的信号 f 经第三低噪声放大器20输入第二功率分配器21,第二功率分配器21的输出分成两路,第二功率分配器21的一路输出经2分频器22得到 $f/2$ 频率信号通过第二电光调制器13调制远地端激光器12输出的激光载波,通过第二光环行器14回传近地端;

[0042] c) 远地端 $f/2$ 回传信号经过本地端第一光环行器6被第一光电探测器7接收,经第一低噪声放大器8功率放大后输入3分频器9和2倍频器10得到 $f/3$ 频率信号,输入功率合路器11经第一电光调制器5调制本地激光器4输出光载波信号再次发送至远地端3;

[0043] d) 远地端通过第二光环行器14耦合得到本地端传来频率信号 $f/3$,并利用第二光电探测器15接收,经过第一功率分配器16另一路输出,到达第一滤波器17滤除杂波频率成分,再以第二低噪声放大器19功率放大后与第二功率分配器21另一路输出的 f 频率信号经过混频器23混频,在远地端得到与本地端相位同步的频率信号。

[0044] 以上所述仅为本发明的实施例之一,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

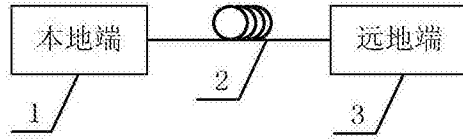


图1

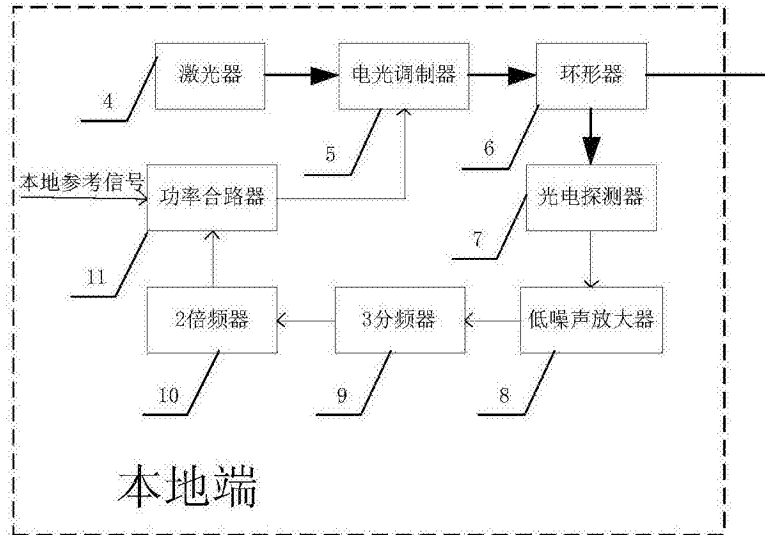


图2

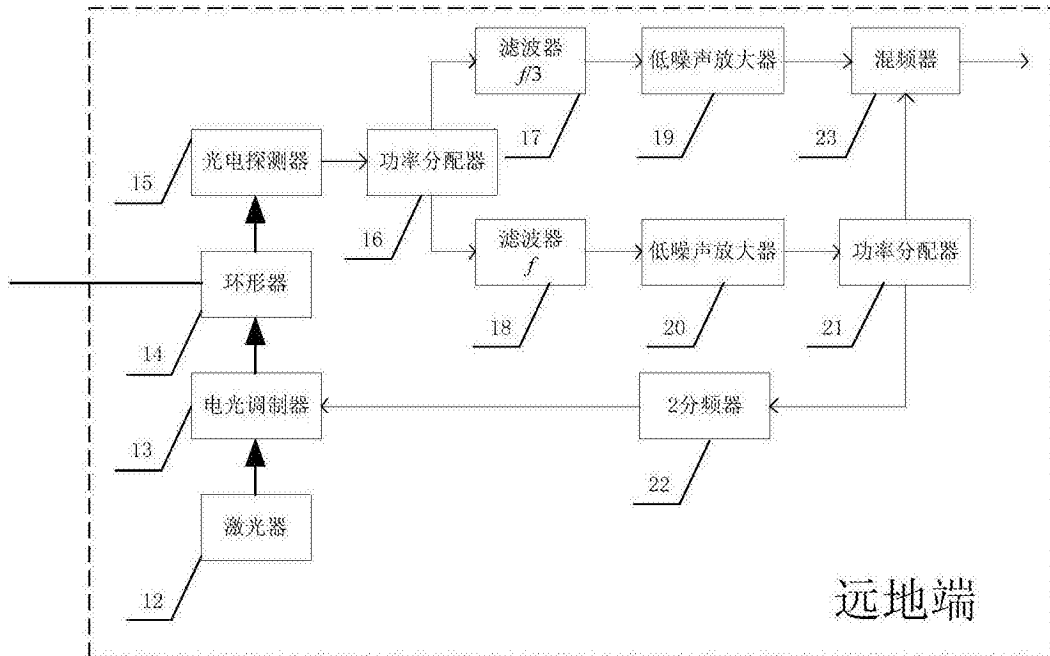


图3