



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103368655 A

(43) 申请公布日 2013. 10. 23

(21) 申请号 201310248867. 4

(22) 申请日 2013. 06. 21

(71) 申请人 哈尔滨工业大学深圳研究生院
地址 518000 广东省深圳市南山区西丽镇深圳大学城哈工大校区

(72) 发明人 姚勇 于本双 赵宇峰 刘超

(74) 专利代理机构 深圳市科吉华烽知识产权事务所(普通合伙) 44248

代理人 韩英杰 许建

(51) Int. Cl.

H04B 10/60(2013. 01)

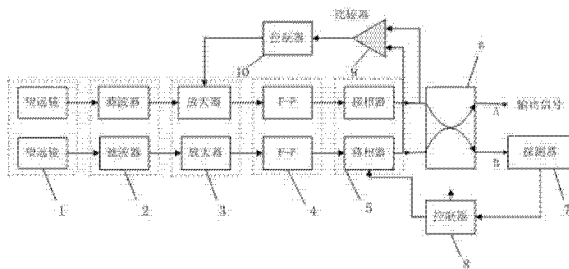
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种基于自适应控制望远镜阵列的光信号接收方法及装置

(57) 摘要

本发明提供了一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,包括以下步骤:A、光学信号通过望远镜阵列实现多元阵列接收;B、由每个望远镜通道出来的光学信号先后进行放大和滤波;C、通过叠加输出单元输出端的反馈来控制移相器实现对相位的自适应控制,通过放大器输出端的反馈来控制放大器的放大倍率实现对振幅的自适应控制;D、各个通道的光学信号经过振幅的自适应控制和相位的自适应控制后进入叠加输出单元进行相干叠加,然后得到高灵敏度的输出信号。本发明还提供了一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收装置。本发明的有益效果是:实现了无线光信号在强背景干扰和弱光学信号情况下的高灵敏度和高信噪比的接收。



1. 一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,其特征在于,包括以下步骤:

A、光学信号通过望远镜阵列实现多元阵列接收;

B、由每个望远镜通道出来的光学信号先后分别通过滤波器、放大器和法布里—珀罗标准具进行放大和滤波,把通过放大和滤波后的光学信号经叠加输出单元进行叠加;

C、通过叠加输出单元输出端的反馈来控制移相器实现对相位的自适应控制,通过放大器输出端的反馈来控制放大器的放大倍率实现对振幅的自适应控制;

D、各个通道的光学信号经过振幅的自适应控制和相位的自适应控制后进入叠加输出单元进行相干叠加,然后得到高灵敏度输出信号。

2. 根据权利要求1所述的基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,其特征在于:所述步骤C为:通过探测器输出端的反馈经相位控制器来控制移相器实现对相位的自适应控制,相位的控制是通过改变每个通道的光程来实现的,每个子望远镜的光程能被主动控制,其精度优于波长的 $1/10$,假设第 i 个通道从望远镜入射端面到探测器之间的光程为 $L_i = L_{i1} + L_{i2} + L_{i3}$,其中 L_{i1} 、 L_{i2} 、 L_{i3} 分别对应第 i 个通道的光学器件、空气、光纤中的光程,当 L_{i1} 、 L_{i3} 确定后,通过改变 L_{i2} 值就可以控制相位。

3. 根据权利要求2所述的基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,其特征在于:将光纤入射端面的位置在 $\pm \lambda/2$ 范围内进行微小平移,实现相位在 $\pm \lambda/2$ 范围内的变化。

4. 根据权利要求1所述的基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,其特征在于:所述步骤C为:通过移相器输出端光功率的反馈经比较器、振幅控制器来控制放大器的放大倍率实现对振幅的控制。

5. 根据权利要求4所述的基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,其特征在于:在放大器后接一个电光调制器。

6. 一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收装置,其特征在于:包括望远镜阵列、滤波单元、振幅自适应控制单元、相位自适应控制单元和叠加输出单元,其中,所述滤波单元包括滤波器和法布里—珀罗标准具;所述振幅自适应控制单元包括比较器、振幅控制器和放大器;所述相位自适应控制单元包括探测器、相位控制器和移相器;其中,所述望远镜阵列、滤波器、放大器、法布里—珀罗标准具、移相器、叠加输出单元和探测器顺次相连,所述移相器、比较器、振幅控制器和放大器连接形成一个振幅自适应控制的反馈回路,所述探测器、相位控制器和移相器连接形成一个相位自适应控制的反馈回路。

一种基于自适应控制望远镜阵列的光信号接收方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法及装置,具体涉及一种能够在强背景干扰和弱光学信号情况下实现无线光信号的高灵敏度的基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列接收方法及装置。

背景技术

[0002] 接收望远镜阵列的产生是为了从空间进行高分辨率的观测,望远镜阵列是通过把各个子望远镜接收到的图像通过一种算法叠加在一起,从而获得更高的性能,其效率大于单一的望远镜。

[0003] 自适应光学是通过测量大气湍流波前误差并加以实时补偿的方法来解决大气湍流等动态干扰的影响。其设想的核心是在光学系统中引入一个表面可以改变的反射元件(波前校正器)和一个波前误差传感器,用波前误差传感器测量不断变化的波前误差,使得光学系统具有自动适应环境变化,调整工作状态和参数,克服动态扰动,保持接近衍射极限成像的理想系统性能。一个典型的自适应光学系统主要包括传感器、控制器和校正器三部分。

[0004] 无线光通信(FSO)技术的研究已经有近半个世纪的发展历史,其应用领域涉及卫星通信,深空中继,星地通信和地面大气激光通信和潜光通信。由于FSO系统是在开放的链路上进行通信的,其信号必然受链路状况所影响。例如地面大气激光通信受雾、雨、雪等天气影响特别严重。所以其恶劣的信道环境造成了接收到的信号弱,畸变大,背景噪声很强。由于传统的光电探测技术在这种弱信号强背景干扰情况下的接收信号效率低,灵敏度低,误码率大,降低了整个通信系统的性能,从而限制了FSO技术的广泛应用。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中的问题,本发明提供了一种在强背景干扰和弱光学信号情况下的基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法及装置。

[0006] 本发明提供了一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法,包括以下步骤:

A、光学信号通过望远镜阵列实现多元阵列接收;

B、由每个望远镜通道出来的光学信号先后分别通过滤波器、放大器和法布里—珀罗标准具进行放大和滤波,把通过放大和滤波后的光学信号经叠加输出单元进行叠加;

C、通过叠加输出单元输出端的反馈来控制移相器实现对相位的自适应控制,通过放大器输出端的反馈来控制放大器的放大倍率实现对振幅的自适应控制;

D、各个通道的光学信号经过振幅的自适应控制和相位的自适应控制后进入叠加输出单元进行相干叠加,然后得到高灵敏度输出信号。

[0007] 作为本发明的进一步改进,所述步骤C为:通过探测器输出端的反馈经相位控制器来控制移相器实现对相位的自适应控制,相位的控制是通过改变

每个通道的光程来实现的,每个子望远镜的光程要能被主动控制,其精度要能够优于波长的 $1/10$,假设第 i 个通道从望远镜入射端面到探测器之间的光程为 $L_i = L_{i1} + L_{i2} + L_{i3}$,其中 L_{i1} 、 L_{i2} 、 L_{i3} 分别对应第 i 个通道的光学器件(透镜等)、空气、光纤中的光程。当 L_{i1} 、 L_{i3} 确定后,通过改变 L_{i2} 值就可以控制相位。具体实现方法是将光纤入射端面的位置进行微小平移(在 $\pm \lambda/2$ 范围内),实现相位在 $\pm \lambda/2$ 范围内的变化。

[0008] 作为本发明的进一步改进,所述步骤 C 为:通过移相器输出端的反馈经比较器、振幅控制器来控制放大器的放大倍率实现对振幅的控制,具体实现方法可以用在光放大器后接一个电光调制器。

[0009] 本发明还提供了一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收装置,包括望远镜阵列、滤波单元、振幅自适应控制单元、相位自适应控制单元和叠加输出单元,其中,所述滤波单元包括滤波器和法布里—珀罗标准具;所述振幅自适应控制单元包括比较器、振幅控制器和放大器;所述相位自适应控制单元包括探测器、相位控制器和移相器;其中,所述望远镜阵列、滤波器、放大器、法布里—珀罗标准具、移相器、叠加输出单元和探测器顺次相连,所述移相器、比较器、振幅控制器和放大器连接形成一个振幅自适应控制的反馈回路,所述探测器、相位控制器和移相器连接形成一个相位自适应控制的反馈回路。

[0010] 作为本发明的进一步改进,所述滤波器为窄带干涉滤光片。

[0011] 作为本发明的进一步改进,所述叠加输出单元为 50 :50 单模保偏光纤定向耦合器。

[0012] 作为本发明的进一步改进,放大器为光泵分子激光放大器。

[0013] 作为本发明的进一步改进,所述放大器、法布里—珀罗标准具之间连接有电光调制器。

[0014] 本发明的有益效果是:通过上述方案,通过望远镜阵列进行光学信号的多元阵列接收,并通过输出端的反馈来控制放大器的放大倍率实现对振幅的自适应控制以及通过反馈控制调节光程来实现对相位的自适应控制,以达到对信号光波畸变的实时校正和光信号的高效叠加,从而实现无线光信号在强背景干扰和弱光学信号情况下的高灵敏度和高信噪比的接收;首次提出了基于光信号幅度和相位自适应控制的相干叠加增强方法,利用此方法可以组成(任意)多通道望远镜阵列光信号接收系统,实现光信号的高灵敏度,提高了无线光通信系统的接收灵敏度和信噪比。

附图说明

[0015] 图 1 是本发明一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法及装置中 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置原理示意图;

图 2 是本发明一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法及装置中 4 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置原理示意图。

具体实施方式

[0016] 下面结合附图说明及具体实施方式对本发明进一步说明。

[0017] 图 1 和图 2 中的附图标号为：望远镜阵列 1；滤波器 2；放大器 3；法布里—珀罗标准具 4（缩写为 F-P）；移相器 5；50:50 单模保偏光纤定向耦合器 6；探测器 7；相位控制器 8；比较器 9；振幅控制器 10。

[0018] 本发明技术中所述一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法，利用本方法可以组成（任意）多通道望远镜阵列光信号接收系统。

[0019] 其中，所述 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置原理可以参阅图 1，如图 1 所示，两路望远镜通道组成的望远镜阵列接收装置包括望远镜阵列、滤波单元、振幅自适应控制单元、相位自适应控制单元、叠加输出单元。其中，望远镜阵列为两路通道；滤波单元包括窄带干涉滤光片和法布里—珀罗（F-P）标准具 4；振幅自适应控制单元包括比较器 9、振幅控制器 10 和放大器 3；所述比较器 10 为振幅比较器，所述相位自适应控制单元包括探测器 7、相位控制器 8 和移相器 5，所述叠加输出单元为一个 50:50 单模保偏光纤定向耦合器 6。其中，所述两路望远镜通道分别和窄带干涉滤光片、放大器 3、法布里—珀罗（F-P）标准具 4、移相器 5、50:50 单模保偏光纤定向耦合器 6 和探测器 7 顺次连接；所述移相器 5、比较器 9、振幅控制器 10 和放大器 3 连接形成一个振幅自适应控制的反馈回路，所述探测器 7、相位控制器 8 和移相器 5 连接形成一个相位自适应控制的反馈回路，所述探测器 7 为光电探测器。

[0020] 本发明一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法是利用基于信号幅度和相位自适应控制的相干叠加增强方法，通过实时修正各个通道的光信号振幅及相位的畸变，然后进行相干叠加，从而实现光信号的高灵敏度。为了使叠加后的信号强度达到最大，必须实时自动控制每个叠加信号的振幅和相位。因此，各路光信号经过放大、滤波后传送到一个 50:50 单模保偏光纤定向耦合器 6，通过从一路输出端的反馈来控制放大器的放大倍率实现对振幅的自适应控制（通过用标准信号的校正就可以将该参数确定）以及通过反馈控制调节光程来实现对相位的自适应控制，以实现信号光波畸变的实时校正和高效叠加。

[0021] 本发明提供的自适应相控望远镜阵列接收方法包括以下步骤：

1：入射光波通过望远镜阵列 1 实现光学信号的多元阵列接收。

[0022] 2：由每个望远镜通道出来的子光波分别通过滤波器 2，放大器 3 和法布里—珀罗（F-P）标准具 4 进行放大和滤波，然后经过单模保偏光纤导入耦合器进行叠加。

[0023] 3：通过叠加器输出端的反馈来控制移相器 5 实现对相位的控制。具体实现方法是通过改变每个通道的光程来实现的，将光纤入射端面的位置进行微小平移（在 $\pm\lambda/2$ 范

围内），实现相位在 $\pm\lambda/2$ 范围内的变化。再将每两个望远镜通道的光场信号传送到一个

50:50 单模保偏光纤定向耦合器 6，假设经过增益调节后，耦合器输出的光功率 $P_A = P_B = P$

，光场的相位为 ϕ_a, ϕ_b ，其相差 $\phi_a - \phi_b$ 由一个光程调节器控制。输出端口 B 的光功率为

$P_B = P(1 - \cos(\phi_a - \phi_b))$ 。当 $\phi_a - \phi_b = 0$, $P_B = 0$, 此时输出端 A 的光功率为 $P_A = 2P$ 。

为了保证系统在 $\phi_a - \phi_b = 0$ 处锁定, 采用微扰锁相方法。

[0024] 4: 通过从放大器 3 输出端的反馈来控制放大器 3 的放大倍率实现对振幅的控制(通过用标准信号的校正就可以将该参数确定)。具体实现方法可以用在光放大器 3 后接一个电光调制器。先用标准信号完成对放大器 3 的校验, 然后利用与相位控制类似的方法对振幅信号控制, 控制参数变为 $V_{PD}(P_1 - P_2)$, P_1 , P_2 为输入端功率。

[0025] 5: 各个通道的光信号经过振幅和相位校正后进入耦合器进行相干叠加, 然后得到高灵敏度输出信号。

[0026] 所述 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收方法的具体步骤如下:

1. 弱光信号通过两通道望远镜阵列 1 接收形成两路光信号;
2. 两路弱光信号分别通过窄带干涉滤光片, 滤除绝大部分光学背景辐射, 然后经过放大器 3 进行放大, 之后再经过法布里 - 珀罗 (F-P) 标准具 4 比较精细的滤除掉光学背景辐射和放大器噪声;
3. 将两路光场信号传送到一个 50:50 的单模保偏光纤定向耦合器 6, 假设经过增益调节后, 其输入光功率 $P_A = P_B = P$, 光场的相位为 ϕ_a 、 ϕ_b , 其相差 $\phi_a - \phi_b$ 由相位控制器 8 控制。

输出端口 B 的光功率为 $P_B = P(1 - \cos(\phi_a - \phi_b))$ 。当 $\phi_a - \phi_b = 0$, $P_B = 0$, 此时输出端 A

的光功率为 $P_A = 2P$ 。为了保证系统在 $\phi_a - \phi_b = 0$ 处锁定, 采用微扰锁相方法。对光场信号

相位的控制, 是将一个高频正弦波扰动信号在工作点附近(频率为 f_p , 振幅为 $\Delta\phi$) 引起传感器

探测到的光功率在 f_p 频率及其几个倍频处振荡, 信号被同步解调反馈到基频带, 位相探测器

V_{PD} 正比于 $PJ_1(\Delta\phi)\sin(\phi_a - \phi_b)$ 。其中 J_1 为一阶 Bessel 函数。它与一个环路滤波器和积分器组合, 用于构成光学相位锁定环路 (OPLL);

4. 振幅的控制主要利用振幅控制器 6 根据信号的放大器输出端光功率的比较结果的反馈来控制实现, 可以用在放大器 3 后接一个电光调制器来实现对振幅的控制。先用标准信号完成对放大器 3 的校验, 然后利用与相位控制类似的方法对幅度信号控制, 控制参数变为 $V_{PD}(P_1 - P_2)$, P_1 、 P_2 为输入端功率。

[0027] 5. 经过振幅和相位自适应校正后的子光波信号导入到一个 50:50 单模保偏光纤定向耦合器 6 进行相干叠加。

[0028] 本发明技术中 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收系统也可以扩展为 4

通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收系统。所述 4 通道望远镜阵列接收系统是对两个 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收系统的输出信号再次进行振幅和相位的自适应控制实现的。所述 4 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置是在 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置的基础上建立起来的,4 通道望远镜阵列接收装置原理图可以参阅图 2。

[0029] 如图 2 所示,所述 4 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置包括两个 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收装置;放大器 3;移相器 5;50 :50 单模保偏光纤定向耦合器 6;探测器 7;相位控制器 8;比较器 9;振幅控制器 10。其中,所述 2 通道望远镜阵列接收装置的信号输出端与放大器 3、移相器 5、50 :50 单模保偏光纤定向耦合器 6、探测器 7 顺次相连;所述移相器 5、比较器 9、振幅控制器 10 和放大器 3 连接形成一个振幅自适应控制的反馈回路,所述探测器 7、相位控制器 8 和移相器 5 连接形成一个相位自适应控制的反馈回路,所述探测器 7 为光电探测器。

[0030] 对于 4 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收方法的具体步骤是在所述 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收方法的具体步骤上进一步展开的。把 4 通道望远镜阵列接收的 4 路信号分为两组,每一组的两路信号按照 2 通道振幅和相位自适应控制望远镜阵列接收的方法的步骤进行处理并得到输出信号,然后把得到的两组输出信号 A1、A2 按照 2 通道望远镜阵列的振幅和相位的自适应控制方法进行处理并得到最终输出信号 A。

[0031] 本发明提供一种基于振幅和相位自适应控制的望远镜阵列光信号接收方法及装置,综合了相控阵望远镜阵列、自适应光学、自由空间光通信的信号处理的技术。通过望远镜阵列 1 进行光学信号的多元阵列接收,并经过滤波放大后,导入叠加输出单元,通过输出端的反馈来控制放大器 3 的放大倍率实现对振幅的自适应控制以及通过反馈控制调节光程来控制相位,以达到对信号光波畸变的实时校正和光信号的高效叠加,从而实现无线光信号在强背景干扰和弱光学信号情况下的高灵敏度和高信噪比的接收。首次提出了基于光信号幅度和相位自适应控制的相干叠加增强方法,实现光信号的高灵敏度,提高了无线光通信系统的接收灵敏度和信噪比。

[0032] 以上内容是结合具体的优选实施方式对本发明所作的进一步详细说明,不能认定本发明的具体实施只局限于这些说明。对于本发明所属技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以做出若干简单推演或替换,都应当视为属于本发明的保护范围。

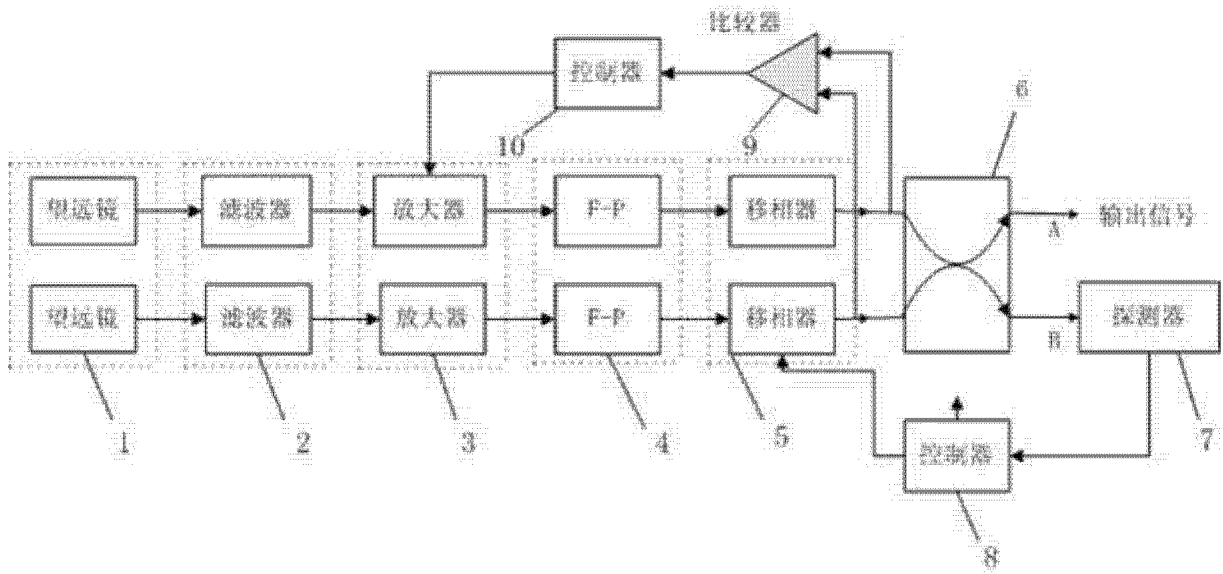


图 1

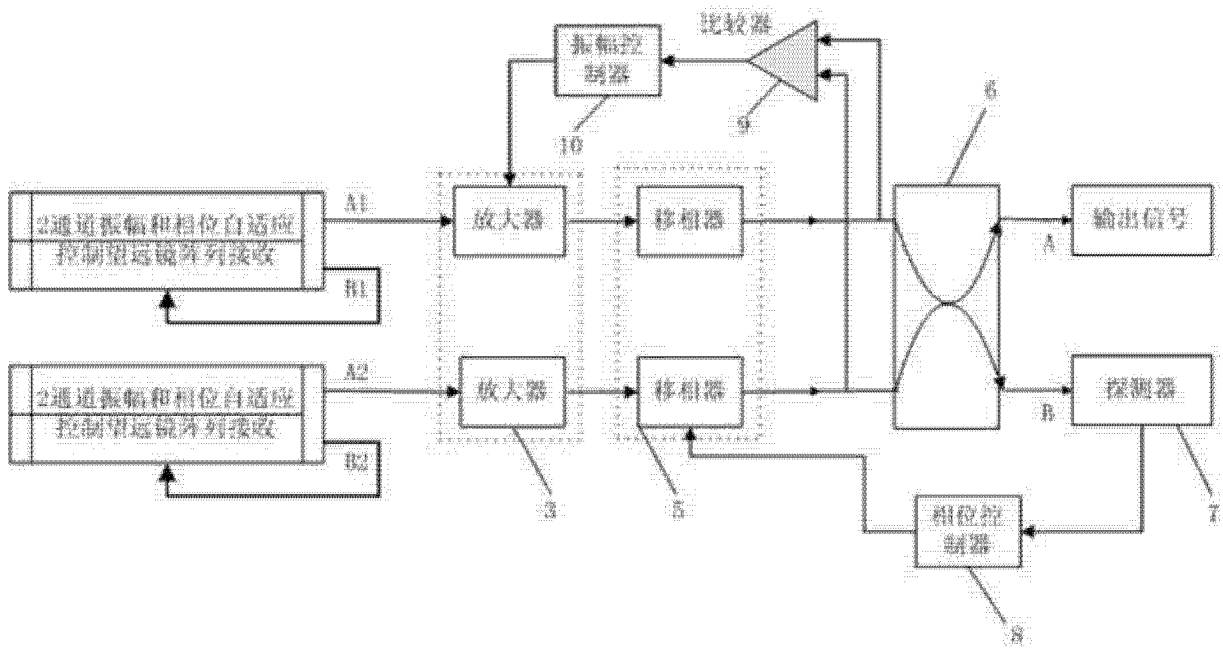


图 2