



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103299566 A

(43) 申请公布日 2013. 09. 11

(21) 申请号 201280004907. 4

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2012. 01. 04

H04J 14/04 (2006. 01)

(30) 优先权数据

61/431, 040 2011. 01. 09 US

13/077, 056 2011. 03. 31 US

(85) PCT申请进入国家阶段日

2013. 07. 08

(86) PCT申请的申请数据

PCT/US2012/020154 2012. 01. 04

(87) PCT申请的公布数据

W02012/094378 EN 2012. 07. 12

(71) 申请人 阿尔卡特朗讯

地址 法国巴黎

(72) 发明人 P·J·温泽

(74) 专利代理机构 北京市金杜律师事务所

11256

代理人 王茂华 赵琳琳

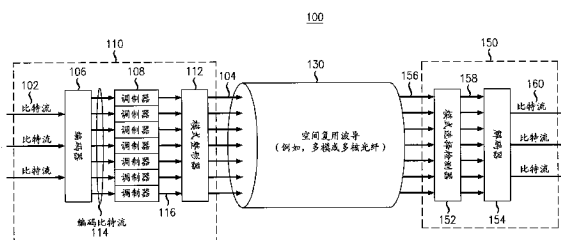
权利要求书2页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

使用空间复用的安全信号传输

(57) 摘要

一种示例装置包括模式选择检测器、测量模块、差异计算器以及阈值和警报模块。该模式选择检测器检测空间复用信号的多种模式。该测量单元测量空间复用信号的多个模式的参数,其中该参数是功率或信噪比(SNR)。该差异计算器在子集模式之中和/或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,该子集包括至少一种模式。该阈值和警报模块在差异处于界限之外时设置警报指示。



1. 一种接收器,包括:

模式选择检测器,其被配置为将从空间复用光纤所接收的多种模式转换为多个编码比特流,其中所述编码比特流的数目小于或等于模式的数目;以及

解码器,其被配置为根据所述多个编码比特流的比特的奇偶性而对一个或多个输出比特流的信息进行解码,其中以相同传送波长并且在相同符号时隙内提供针对所有模式的所述多个编码比特流。

2. 根据权利要求1的接收器,其中所述一个或多个输出比特流的恢复要求同时且在空间上有选择地检测对应于所述一个或多个输出比特流的所述多种模式的所有模式。

3. 根据权利要求1的接收器,其中必须同时且在空间上有选择地检测对应于所述一个或多个比特流的所述多种模式的子集,以便恢复第一输入比特流。

4. 根据权利要求1的接收器,其中所述解码器被配置为根据所述多个编码比特流的比特的奇偶性而对所述一个或多个输出比特流的信息进行解码。

5. 根据权利要求1的接收器,其中所述解码器被配置为基于逻辑组合对所述一个或多个输出比特流的信息进行解码,所述逻辑组合包括在编码比特流的比特之间执行的“与”、“或”或者“异或”运算中的至少一个运算。

6. 根据权利要求1的接收器,其中所述解码器被配置为基于代数组合对所述一个或多个输出比特流的信息进行解码,所述代数组合包括在编码比特流的比特之间的代数和、差或乘积中的至少一项。

7. 根据权利要求1的接收器,进一步包括:

测量模块,其用于测量从所述空间复用光纤所接收的所述多种模式的参数,其中所述参数是功率或信噪比(SNR);

差异计算器,其用于在子集模式之中和/或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,所述子集包括至少一种模式;以及

阈值和警报模块,其用于在所述差异处于界限之外时设置警报指示。

8. 一种方法,包括:

在接收器接收空间复用信号;

测量所述空间复用信号的每种模式的参数,其中所述参数是功率或信噪比(SNR);

在模式子集之中和/或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,所述子集包括至少一种模式;以及

在所述差异处于界限之外时设置警报指示。

9. 根据权利要求8的方法,进一步包括:

将从所述空间复用信号中所接收的多种模式转换为多个编码比特流,其中所述编码比特流的数目小于或等于模式的数目;以及

根据所述多个编码比特流的比特的奇偶性而对一个或多个输出比特流的信息进行解码,其中以相同的传送波长并且在相同符号时隙内提供针对所有模式的所述多个编码比特流。

10. 根据权利要求8的方法,其中必须同时且在空间上有选择地检测对应于所述一个或多个比特流的所述多种模式的子集,以便恢复第一传送比特流。

11. 一种装置,包括:

模式选择检测器,其用于检测空间复用信号的多种模式;

测量模块,其用于测量所述空间复用信号的所述多种模式的参数,其中所述参数是功率或信噪比(SNR);

差异计算器,其用于在子集模式之中和/或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,所述子集包括至少一种模式;以及

阈值和警报模块,其用于在所述差异处于界限之外时设置警报指示。

12. 根据权利要求 11 的装置,其中所述模式选择检测器、所述测量模块、所述差异计算器以及所述阈值和警报模块中的至少一个是光学元件,或者其中所述模式选择检测器、所述测量模块、所述差异计算器以及所述阈值和警报模块中的至少一个是电子元件。

13. 根据权利要求 11 的装置,进一步包括:

至少一个所述模式选择检测器,所述模式选择解码器被配置为根据所述多个编码比特流的比特的奇偶性对一个或多个输出比特流的信息进行解码,其中以相同传送波长并且在相同符号时隙内提供针对所有模式的所述多个编码比特流。

使用空间复用的安全信号传输

[0001] 优先权请求

[0002] 本申请请求于 2011 年 1 月 9 日提交的美国临时申请号 61/431,040 的优先权。

技术领域

[0003] 本申请的主题涉及由 Peter J. Winzer 于 2011 年 3 月 31 日提交,代理人案卷号为 809034,题为“SECURE DATA TRANSMISSION USING SPATIAL MULTIPLEXING”的美国专利申请号 13/076,987 的主题,该申请的全文通过引用结合于此。

[0004] 技术领域

[0005] 本发明涉及光学传输设备,特别地但并不限于涉及使得能够使用空间复用进行数据传输的设备。

背景技术

[0006] 这部分介绍了对可能有助于促成更好地理解所公开的(多项)发明的各个方面。因此,这部分的叙述要基于这一认识来阅读,而并不应当被理解为是承认了哪些是现有技术,而哪些不是现有技术。

[0007] 当今,光纤光学传输系统基于单极化或极分复用的单横模传输,或者基于多模传输,其中所有模式实质上承载相同的数据。这两种系统都易于受到分接(tapping)的影响,这是通过弯曲传输光纤而使得在局部弯曲处向外耦合出(couple out)少量光所导致的。经分接的光随后被处于光纤弯曲处位置的敏感接收器所检测,使得窃听者能使用对通过该光纤传送的全波分复用(WDM)频谱。在位于传输光纤末端的合法接收器处并不容易检测到少量的额外损失,这使得窃听者不被人所注意。

[0008] 于 2008 年 1 月 24 日公开的 D. Butler 等人题为“*Intrusion Detection in Optical Fiber Networks*”的美国专利申请公开第 2008/001888 号中提出了一种检测单模光纤系统中存在的窃听者的方法,该申请全文通过引用结合于此,并且其中以若干光学波长进行传输,并且这些波长之间的差异损失的变化被用作存在窃听者的指示。

发明内容

[0009] 以下给出所公开主题的简要概述以便提供对所公开主题的一些方面的理解。该发明内容部分并非对所公开主题的穷举式概括,而且并非意在标识出所公开主题的必要或关键要素而并非对所公开主题的范围加以限制。其目的仅在于以简化形式给出一些概念,而作为随后讨论的更为详细的描述的前序。

[0010] 说明书以上的背景技术部分中所描述的系统具有至少两个重要缺陷。首先,单模和常规的多模光纤固有地易于受到弯曲所引起的分接的影响。其次,使用内嵌式(in-line)光学放大器的系统一般将对所有波长的放大信号的功率水平进行均衡,并且因此将依赖于波长的损失差异转换为信噪比(SNR)差异,这进而使得无法在接收器通过简单的差异损失测量来检测窃听者。

[0011] 此外,虽然用于获得物理层安全性的基于量子的技术针对窃听而言基本上是鲁棒的,但是它们并不与光学放大传输架构相兼容,这严重限制了它们的范围以及它们在现实商业网络中的应用性。

[0012] 这里所提供的实施例解决了与基于传统光学通信使用物理层安全性传送数据相关联的一个或多个缺陷,而无需借助于诸如量子密钥分发之类的量子加密技术。这里所公开的一个或多个实施例允许通过空间复用的(例如,多核或多模)光纤进行安全的物理层传输。其它所公开的实施例通过使用空间分解的差异损失或信噪比(SNR)测量而提供识别存在分接到被用于这样的空间复用物理层传输的这些光纤中的窃听者的能力。

[0013] 在一个实施例中,一种传送器包括编码器、多个调制器和空间复用器。该编码器被配置为将一个或多个输入比特流编码为多个编码比特流并且提供该多个编码比特流作为输出。多个调制器中的每一个被配置为接收多个编码比特流中相应的一个,对多个编码比特流中相应的一个进行调制,并且提供调制输出信号。该空间复用器被配置为对多个调制输出信号进行空间复用以便在空间复用波导上进行插入。

[0014] 该空间复用器可以被配置为针对多模光纤的一种模式或多核滤波器的一个内核提供空间复用的多个调制输出信号中的至少一个。该调制器可以使用极化复用复杂数值光学调制格式、强度调制光学调制格式、开/关键控、极化复用正交相移键控或极化复用正交幅度调制来执行调制。也可以采用其它调制格式。

[0015] 在一个实施例中,一个或多个输入比特流的恢复要求必须全部同时且在空间上有选择地检测对应于所要检测的一个或多个输入比特流的多个空间复用调制输出信号。在另一个实施例中,必须同时且在空间上有选择地检测对应于一个或多个输入比特流的多个空间复用调制输出信号的子集,以便恢复第一输入比特流。

[0016] 在一个实施例中,该编码器以多个编码比特流中的比特的奇偶性对一个或多个输入比特流的信息进行编码,并且多个调制器被配置为针对相同传送波长以及处于相同符号时隙内的所有模式或内核对多个编码比特流进行调制。在另一种实施方式中,多个调制器被配置为针对处于不同传送波长的每个模式或内核对多个编码比特流进行调制。在又一个实施例中,多个调制器被配置为针对多个不同符号时隙内的模式或内核而对多个编码比特流进行调制。

[0017] 该编码器可以以多个编码比特流中的比特中所包含信息的逻辑组合或代数组组合对一个或多个输入比特流的信息进行编码。该逻辑组合可以包括编码比特流的比特之间的“与”、“或”或者“异或”运算;该代数组组合可以包括编码比特流的比特之间的代数和、差或乘积。

[0018] 在一个实施例中,该传送器包括模式选择检测器,其被配置为将从空间复用波导所接收的多种模式转换为多个编码比特流,其中编码比特流的数目小于或等于模式的数目;以及解码器,其被配置为执行编码器的逆向操作,该解码器被配置为从多个编码比特流产生一个或多个输出比特流。

[0019] 在一个实施例中,一种用于安全传输的方法,包括由编码器跨多个编码比特流对一个或多个输入比特流进行编码,由调制器对多个编码比特流中的相应编码比特流进行调制以形成多个调制信号,并且由空间复用器对多个调制输出信号进行空间复用以便在空间复用波导上进行插入。该方法还包括将多个空间复用的调制信号插入空间复用波导中。

[0020] 在其它实施例中,空间复用波导可以为多模或多核光纤。另一个实施例的调制可以利用极化复用复杂数值光学调制格式、强度调制光学调制格式、开 / 关键控、极化复用正交相移键控或极化复用正交幅度调制,等等。

[0021] 在一个实施例中,一个或多个输入比特流的恢复要求对应于所要检测的一个或多个输入比特流的多个空间复用调制输出信号全部同时且在空间上有选择地被检测。在另一个实施例中,对应于一个或多个输入比特流的多个空间复用调制输出信号的子集必须同时且在空间上有选择地被检测以便恢复第一输入比特流。

[0022] 在一个实施例中,以多个编码比特流中的比特的奇偶性对一个或多个输入比特流的编码信息进行编码。在各个实施例中,调制可以针对相同传送波长以及处于相同符号时隙内的所有模式或内核对多个编码比特流进行调制,可以针对处于不同传送波长的每个模式或内核对多个编码比特流进行调制,或者可以针对多个不同符号时隙内的模式或内核而对多个编码比特流进行调制。调制可以包括以多个编码比特流中的比特中所包含信息的逻辑组合或代数组合对一个或多个输入比特流的信息进行调制。

[0023] 在示例实施例中,接收器包括模式选择检测器,其被配置为将从空间复用光纤所接收的多种模式转换为多个编码比特流,其中编码比特流的数目小于或等于模式的数目;以及解码器,其被配置为根据多个编码比特流的比特的奇偶性而对一个或多个输入比特流的信息进行解码,其中以相同传送波长并且在相同符号时隙内提供所有模式的多个编码比特流。

[0024] 可以以极化复用复杂数值光学调制格式、强度调制光学调制格式、开 / 关键控、极化复用正交相移键控或极化复用正交幅度调制格式等接收多种模式。

[0025] 在一个实施例中,一个或多个输出比特流的恢复要求对应于一个或多个输出比特流的多种模式全部同时且在空间上有选择地被检测。在另一个实施例中,必须同时且在空间上有选择地检测对应于一个或多个比特流的多种模式的子集以便恢复第一输入比特流。

[0026] 该解码器可以被配置为根据多个编码比特流的奇偶性而对一个或多个输出比特流的信息进行解码。该解码器可以基于逻辑组合对一个或多个输出比特流的信息进行解码,该逻辑组合包括在编码比特流的比特之间执行的“与”、“或”或者“异或”运算中的至少一个运算。在另一个实施例中,该解码器被配置为基于代数组合对一个或多个输出比特流的信息进行解码,该代数组合包括编码比特流的比特之间的至少一个代数和、差或乘积。

[0027] 在一个实施例中,该接收器包括测量模块,其用于测量从空间复用光纤所接收的多种模式的参数,其中该参数是功率或信噪比 (SNR);差异计算器,其用于在模式子集之中和 / 或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,该子集包括至少一种模式;以及阈值和警报模块,其用于在该差异处于界限之外时设置警报指示。该阈值和警报模块可以被配置为在差异以大于阈值的量变化时设置警报指示。

[0028] 一种示例方法包括在接收器接收空间复用信号,测量该空间复用信号的每种模式的参数,其中该参数是功率或信噪比 (SNR),在模式子集之中和 / 或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,该子集包括至少一种模式,并且在该差异处于界限之外时设置警报指示。可以在差异以大于阈值的量变化时确定该差异处于界限之外。该方法可以光学或电气地执行。

[0029] 在一个实施例中,该方法还包括将从空间复用信号中所接收的多种模式转换为多

个编码比特流,其中编码比特流的数目小于或等于模式的数目,并且根据多个编码比特流的比特的奇偶性而对一个或多个输入比特流的信息进行解码,其中以相同的传送波长并且在相同符号时隙内提供所有模式的多个编码比特流。在一个实施例中,对应于一个或多个比特流的多种模式的子集必须同时且在空间上有选择地被检测以便恢复第一输入比特流。

[0030] 一种示例装置包括模式选择检测器,其用于检测空间复用信号的多种模式;测量模块,其用于测量空间复用信号的多种模式的参数,其中该参数是功率或信噪比(SNR);差异计算器,其用于在模式子集之中和/或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量的参数并确定差异,该子集包括至少一种模式;以及阈值和警报模块,其用于在该差异处于界限之外时设置警报指示。该模式选择检测器、测量模块、差异计算器以及阈值和警报模块中的至少一个可以是光学元件。该模式选择检测器、测量模块、差异计算器以及阈值和警报模块中的至少一个可以是电子元件。

[0031] 在一个实施例中,该装置还包括至少一个模式选择检测器,其被配置为根据多个编码比特流的比特的奇偶性对一个或多个输出比特流的信息进行解码,其中以相同传送波长并且在相同符号时隙内提供所有模式的多个编码比特流。

附图说明

[0032] 将通过这里在下文中所给出的详细描述以及附图更为全面地理解示例实施例,其中相同要素由相同的附图标记所表示,其仅作为说明而给出并且因此并不对示例实施例进行限制,其中:

[0033] 图1图示了包括示例传送器、光链路和接收器的用于安全数据传输的示例系统;

[0034] 图2图示了用于确定存在光纤分接窃听者的RX侧检测机制。

具体实施方式

[0035] 现在将参考附图对各个示例实施例进行更为全面地描述,所要注意的是,这里所公开的具体结构和功能细节仅是以描述示例实施例为目的的表示形式。示例实施例可以以许多替换形式来实现并且不应当被理解为仅局限于这里所给出的实施例。

[0036] 应当理解的是,虽然术语第一、第二等在这里可以被用来描述各种要素,但是这些要素并不应当被这些术语所限制,原因在于这样的术语仅用来对要素进行相互区分。例如,第一要素可以被称之为第二要素,并且类似地,第二要素可以被称之为第一要素,而并不背离示例实施例的范围。此外,第一要素和第二要素可以由能够提供分离的第一和第二要素的必要功能的单个要素来实施。

[0037] 如这里的描述所使用的,术语“和”以连接词和转折连词的含义使用,并且包括一个或多个相关联列举事项的任意或所有组合形式。将进一步理解的是,当在这里使用时,术语“包括了”、“包括”、“包含了”和“包含”指定存在所提及的特征、整数、步骤、操作、要素和/或组件,但并不排除存在或添加一个或多个其它特征、整数、步骤、操作、要素、组件和/或其群组。

[0038] 除非另外有所定义,否则这里所使用的(包括技术和科学术语在内的)所有术语具有与示例实施例所属领域的普通技术人员的一般理解相同的含义。还应当注意的是,在一些可替换实施例中,所提到的功能/动作可以以不同于图中所示的顺序进行。例如,根据

所涉及的功能 / 动作,连续示出的两幅附图实际可以实质上同时执行,或者有时以逆序执行。

[0039] 根据本发明所公开的实施例,多核或多模光学波导中的空间复用被用于物理层的数据安全。图 1 图示了用于安全数据传输的示例系统 100,其包括示例传送器 110、光链路 130 和接收器 150。如图 1 所示,一个或多个安全比特流 102 以以下方式而被传送器 110 编码为空间复用波导 130 所支持的 $M_{TX} \leq M$ 模式或内核 104,其中需要同时和 / 或在空间上有选择地检测所有模式 / 内核 (或者其子集) 以便在接收器 150 访问所传送的信息。如所提到的,空间复用波导 130 可以是多模或多核光纤。

[0040] 虽然在以下更为详细地描述了传送器 110 处的编码器 106 进行编码的步骤,但是传送器 110 处的调制器 108 进行调制的步骤使用强度调制光学调制格式 (诸如开 / 关键控),或者更一般地极化复用复杂数值光学调制格式 (诸如极化复用正交相移键控或复用正交幅度调制等)。

[0041] 关于传送器 110 处的模式整形器 111 进行模式整形的步骤,在于 2010 年 12 月 30 日公开的 R.Essiambre 等人题为“Receiver for Optical Transverse-Mode-Multiplexed Signals”的美国专利申请公开第 2010/0329670 号以及于 2010 年 12 月 30 日公开的 R.Essiambre 等人题为“Transverse-Mode-Multiplexing For Optical Communication Systems”的美国专利申请公开第 2010/0329671 号中公开了用于以模式选择方式传送和接收信息的方法,并且这两篇申请的全文通过引用结合于此。特别地,即使这出于清楚说明的目的而并未在图中所示出,在本发明的一个实施例中考虑了在每种模式上执行极化复用 WDM 传输的可能性。

[0042] 在图 1 中,所图示的传送器 110 包括编码器 106、多个调制器 108 和模式整形器 112。编码器 106 将一个或多个输入比特流 102 编码为多个编码比特流 114 并且提供多个编码比特流作为编码器的输出。多个调制器 108 中的每一个接收多个编码比特流 114 中相应的一个,对多个编码比特流中相应的一个进行调制,并且提供调制输出信号 116。模式整形器 112 对多个调制输出信号 116 进行空间复用以便在空间复用波导 130 上进行插入。

[0043] “ M_{TX} ”、“ M ”和“ M_{RX} ”,即传送器发射 104 的模式数目,波导所支持的模式数目 (未明确示出),以及接收器 150 所提取 156 的模式数目,可以有所不同。显然, M_{TX} 、 M_{RX} 可以 $\leq M$ 。这些所发射和所提取模式的数目之间的差异由图 1 所示的光纤的输入和输出处变化的箭头数目所指示。

[0044] 关于编码步骤,许多空间分布代码在该上下文中是可以想到的。一种可能代码以在相同传送波长并且处于相同符号时隙内的所有模式 / 内核或其子集上所传送的比特奇偶性来对输入比特流进行编码。除非输入比特流跨其分布的所有模式 / 内核被正确且同时检测,否则就无法确定所产生信息比特的奇偶性并且因此输入比特流保持安全。另一种代码以处于不同传送波长和 / 或不同符号时隙内的所有模式 / 内核或其子集上所传送的比特奇偶性对输入比特流进行编码,其利用了传播期间发生的时间变化且依赖于波长的模式耦合。例如,模式 1 可以始终以 λ_1 发射,模式 2 在 λ_2 ,模式 3 在 λ_3 ,等等。例如,认为模式 2 可以与模式 1 距离 3 个时隙进行发射,而模式 3 与模式 1 距离 40 个时隙进行发射,等等。

[0045] 不同于使用“奇偶性”对输入比特流的信息进行编码,另一种代码对每种所采用

模式中所包含的信息的逻辑或代数组合中的信息进行编码,诸如模式比特流之间的逻辑”与”、“或”或者“异或”的组合,或者代数和、差、乘积等。可替换地,每个输入比特流可以被直接发射至 M 种模式(或模式子集)中的一个模式,而一个或多个其它模式则被用来传送将在光纤分接攻击时作为干扰的其它信号(例如,随机或信息承载信号;例如误差校验方案的冗余)。可以结合空间复用传输采用的不同安全编码方案的应用对于本领域技术人员而言将是显而易见的。注意,如以上所提到的,在一个实施例中,编码器 106 用作比特流 102 的通过设备(即,编码器实质上并不对输入比特流的格式进行任何修改;也就是说,不修改输入比特流的内容而是仅以与从编码器所输出的一个或多个编码比特流(至少以如这里所描述的名称)相同的形式提供输入比特流),并且传送器和通信系统这样的实施例所提供的的安全性依赖于在传输期间光纤中出现多个比特流的事实。

[0046] 在空间复用的多核或多模光纤中,与单模或常规多模光纤类似,波导弯曲将导致光线泄露至光纤之外。然而,信息的空间度(spatial degree)将在光纤分接过程期间严重退化或者甚至完全丢失。因此,由于光纤分接窃听者将不再能够对个体模式上所传送的信息进行正确解码,所以对于光纤分接窃听者安全信息必然被呈现为是无用的。

[0047] 在图 1 中,所图示的示例接收器 150 包括模式选择检测器 152 和解码器 154。这一个实施例中,模式选择检测器 152 被配置为将从空间复用光纤 130 所接收的 M_{RX} 个模式转换为多个 K 个编码比特流 158(其中 K 小于或等于 M, M 是波导所支持模式的数目),并且解码器 154 被配置为提供处于任何相对应传送器处的编码器的逆操作,并且从 K 个编码比特流产生一个或多个输出比特流 160。在另一个实施例中,模式选择检测器 152 被配置为将从空间复用光纤所接收的多个模式(例如,多个所接收模式 156)转换为多个编码比特流 158,其中编码比特流的数目小于或等于模式的数目,并且解码器 154 被配置为根据多个编码比特流的比特的奇偶性对一个或多个输出比特流 160 的信息进行解码,该多个编码比特流对应于所要恢复的信号,并且针对所有模式/内核以相同传送波长且在相同符号时隙内提供该多个编码比特流。

[0048] 图 2 图示了用于确定存在光纤分接窃听者的 RX 侧检测机制。作为附加方面且如图 2 所示,通过测量所接收模式之间的与非扰乱操作相比的损失差异(或者,在使用光学放大的系统中,与非扰乱操作相比的 SNR 差异)能够在合法通信接收器 200 处检测到窃听者的存在。可以使得两个量都可被接收器所使用,例如,通过作为空间复用接收器的集成部分的模式去卷积对多输入多输出(MIMO)数字信号处理算法,或者通过光学模式分离之后的光学功率或 SNR 测量(例如,在具有基本上非耦合内核的多核光纤的情况下,针对其的 MIMO 信号处理将不必在接收器处实施)。因此,根据这里所公开原则的窃听者检测装置可以被实施为独立设备 200 或者可以作为接收器 200 的一部分。

[0049] 无论所测量的功率或 SNR 差异何时距其正常(未分接)数值以可调节的非确定余量发生偏离,接收器都断定出现光纤弯曲并且触发警报以向运营商警告可能存在窃听者。根据系统配置,差异功率或 SNR 测量也可以基于 K 个空间模式和 L 个波长的任意混合组合形式。

[0050] 图 2 图示了用于确定存在光纤分接窃听者的示例装置。如所图示的,装置 200 包括模式选择检测器 210,其用于检测空间复用信号的多种模式 212;测量设备 214,其用于测量空间复用信号的多种模式的参数,其中该参数为功率或信噪比(SNR);差异计算器 216,

其用于在子集模式之间和 / 或非扰乱参数的已知集合之间比较所测量参数并且确定差异, 该子集包括至少一种模式; 以及阈值和警报设备, 其用于在该差异处于界限之外时设置警报指示 220。该模式选择检测器、测量模块、差异计算器以及阈值和警报模块中的至少一个可以是光学元件。该模式选择检测器、测量模块、差异计算器以及阈值和警报模块中的至少一个可以是电子元件。

[0051] 例如, 在一个实施例中可以采用如以上引用的 Essiambre 等人的专利申请中所公开的 MIMO DSP。MIMO DSP 算法的副产品可能是差异损失和差异 SNR。因此, 所提出方法的步骤可以全电子地实现。在基本上非耦合多核的情况下, 将不使用 MIMO DSP。因此, 在一个实施例中, 图 1 的接收器 160 可以将从每个内核所接收的光的一部分光学分接出去 (未示出分接)。被分接出的光随后例如可以通过光学功率测量、波长分解光学 SNR 测量等进行光学分析。(这些监视技术自身是本领域技术人员已知的。) 一旦测量了功率或 SNR, 则该方法的剩余步骤可以电子实现 (参数比较、阈值、警报)。当然, 混合解决方案是可能的。

[0052] 在一个实施例中, 一种方法包括接收空间复用信号; 测量该空间复用信号的每个模式的参数, 其中该参数为功率或信噪比 (SNR); 在模式子集之中和 / 或非扰乱参数的已知集合之中比较所测量参数并且确定差异集合, 该子集包括至少一种模式; 并且在该差异集合指示处于界限条件之外时设置警报指示。

[0053] 针对以上的比较参数和确定差异具有三个方面。在一个实施例中, 可以仅在所测量参数之中比较差异。在另一个实施例中, 基于在所测量参数以及相对应的规范 (非扰乱) 数值之间进行的比较确定差异, 该规范数值例如是存储在查找表中的规范数值。在又一个实施例中, 该比较利用以上两种比较方法的组合。

[0054] 当差异之和或个体差异以大于阈值的量发生变化时, 可以确定差异集合处于界限之外。该阈值可以是用户所定义的安全阈值, 以使得高度敏感的用户能够设置非常严格的阈值并且接受偶发的错误警报, 而较不敏感的用户则可以设置较宽松的阈值并且避免错误警报。

[0055] 虽然已经参考说明性实施例对本发明进行了描述, 但是该描述并非仅意在对所说明的实施例进行限制。

[0056] 本发明的实施例可以被实施为基于电路的处理, 包括单个集成电路上的可能实施方式。

[0057] 除非另外明确指出, 否则就像数值或范围的数值之前带有词语 “大约” 那样, 数字数值和范围应当被解释为近似值。

[0058] 进一步将要理解的是, 本领域技术人员可以对为了解释本发明的特性而已经描述并图示的各部分的细节、材料和部署进行各种改变而并不背离如以下权利要求所表达的本发明的范围。

[0059] 权利要求中的附图编号和 / 或附图标记的使用意在标示出所请求保护主题的一个或多个可能实施例以便促成对权利要求的解释。这样的使用被不应被理解为必然将那些权利要求的范围限制为相应附图中所示出的实施例。

[0060] 虽然如果存在, 以下方法权利要求以具有相对应标示的特定顺序对步骤加以引用, 但是除非权利要求的引用以其它方式暗示了用于实施一些或所有那些步骤的特定顺序, 否则那些步骤并非必然意在局限于以该特定顺序来实施。

[0061] 这里对“一个实施例”或“实施例”的引用意味着结合该实施例所描述的特定特征、结构或特性可以包括在本发明的至少一个实施例之中。在说明书中各处出现的短语“在一个实施例中”并非必然全部指代相同的实施例，单独或可替换石化胜利也并非必然互相排斥。这同样应用于术语“实施方式”。

[0062] 而且，出于这里描述的目的，术语“耦合”、“耦合着”、“被耦合”、“连接”、“连接着”或“被连接”指代本领域已知或随后研发的允许能量在两个或更多部件之间传输的任意方式，并且一个或多个附加部件的介入得以被预期，虽然并非要求如此。相反，术语“直接耦合”、“直接连接”等则暗示没有这样的附加部件。

[0063] 权利要求所覆盖的实施例局限于 (1) 该说明书所支持并且 (2) 对应于法定主题的实施例。即使非支持实施例以及对应于非法定主题的实施例落入权利要求的范围之内，它们也明确不要求保护。

[0064] 描述和附图仅说明了本发明的原则。因此将意识到的是，虽然没有在这里明确描述或示出，但是本领域技术人员将能够设计出实现本发明原则并且包括于其精神和范围内的各种装置。此外，这里所引用的所有示例原则上清楚地旨在仅是出于帮助读者理解本发明的原则以及发明人为本领域进一步贡献的概念的教导目的，并且要被理解为并不对这样特别引用的示例和条件加以限制。此外，这里所有引用本发明原则、方面和实施例及其具体示例的陈述意在包含其等同形式。

[0065] 图中所示出的包括被标记为“处理器”、“控制器”、“设备”或“模块”的任意功能模块在内的各种部件的功能可以通过使用专用硬件以及能够执行与适当软件相关联的软件的硬件来提供。当由处理器提供时，该功能可以由单个专用处理器、单个共享处理器或者其中一些可以共享的多个个体处理器来提供。此外，明确使用的术语“处理器”或“控制器”或“模块”不应当被理解为专门指代能够执行软件的硬件，而是可以隐含地包括数字信号处理器 (DSP) 硬件、专用集成电路 (ASIC)、现场可编程门阵列 (FPGA)、用于存储软件的只读存储器 (ROM)、随机访问存储器 (RAM) 和非易失性存储，但是并不局限于此。其它常规和 / 或定制的硬件也可以被包括其中。类似地，图中所示出的任何开关都仅是概念性的。它们的功能可以通过程序逻辑的操作、通过专用逻辑、通过程序控制和专用逻辑的交互来执行或者甚至相互执行，特定技术可由实施方在对上下文更为具体地理解时进行选择。

[0066] 本领域技术人员应当意识到的是，这里的任意框图表示实现本发明原则的说明性电路的概念视图。类似地，将意识到的是，任意流程图表、流程图、状态转换图、伪代码等表示实质上可以在计算机可读介质中表示并且因此被计算机或处理器所执行的各种处理，而无论是否明确示出了这样的计算机或处理器。

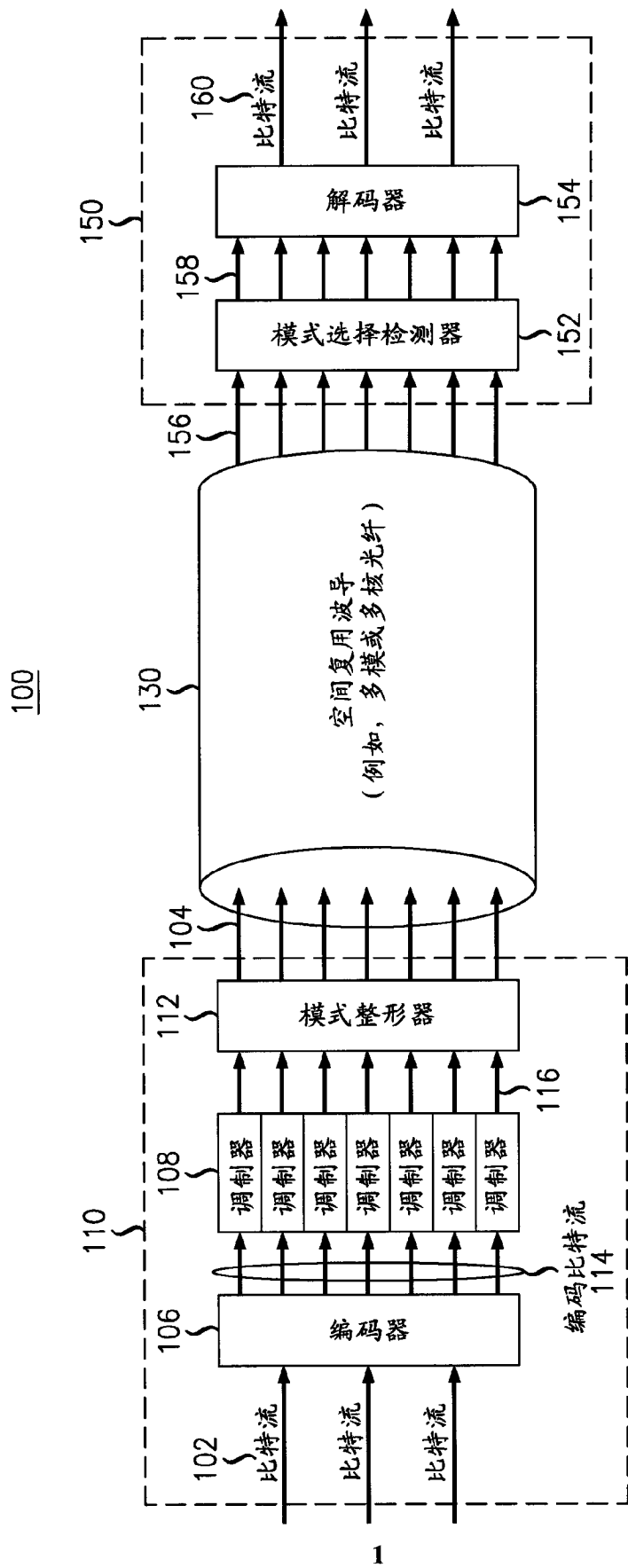


图 1

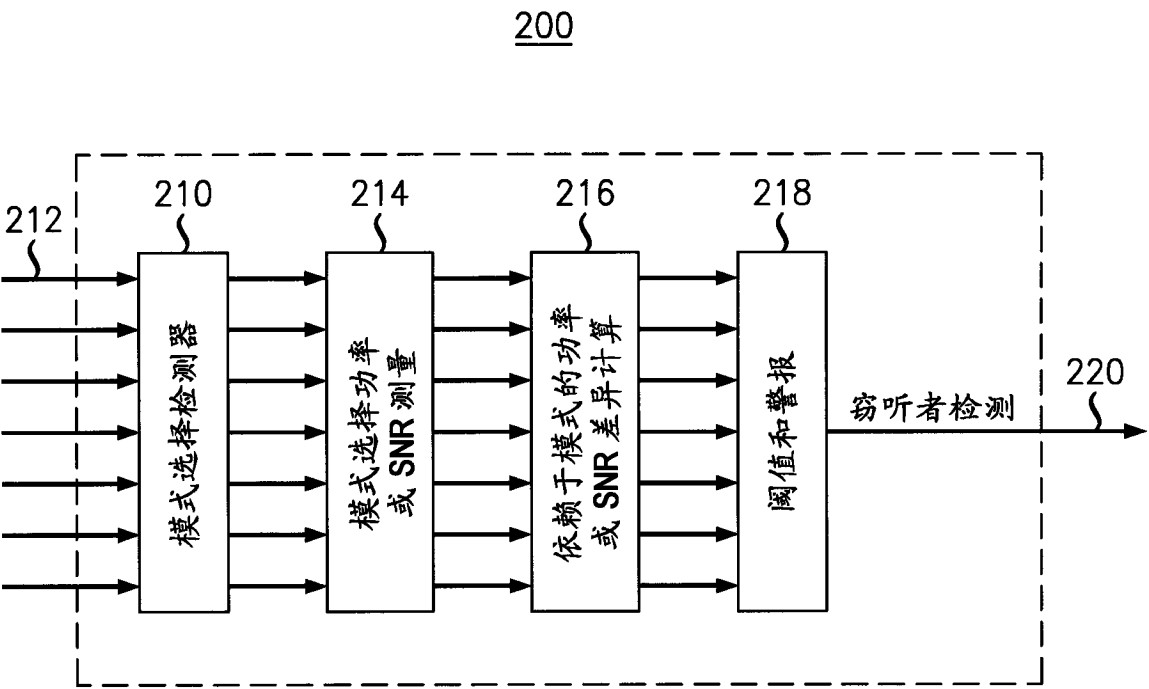


图 2