

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2014年3月6日 (06.03.2014)



(10) 国际公布号
WO 2014/032268 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 27/26 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2012/080821
- (22) 国际申请日: 2012年8月31日 (31.08.2012)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人 (对除美国外的所有指定国): 华为技术有限公司 (HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (72) 发明人: 及
- (75) 发明人/申请人 (仅对美国): 王轲 (WANG, Ke) [CN/CN]; 中国广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼, Guangdong 518129 (CN)。
- (74) 代理人: 深圳市深佳知识产权代理事务所 (普通合伙) (SHENPAT INTELLECTUAL PROPERTY AGENCY); 中国广东省深圳市国贸大厦 15 楼西座 1521 室, Guangdong 518014 (CN)。

- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

- 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

(54) Title: TRAINING SEQUENCE GENERATION METHOD, TRAINING SEQUENCE GENERATION DEVICE AND OPTICAL COMMUNICATION SYSTEM

(54) 发明名称: 一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统

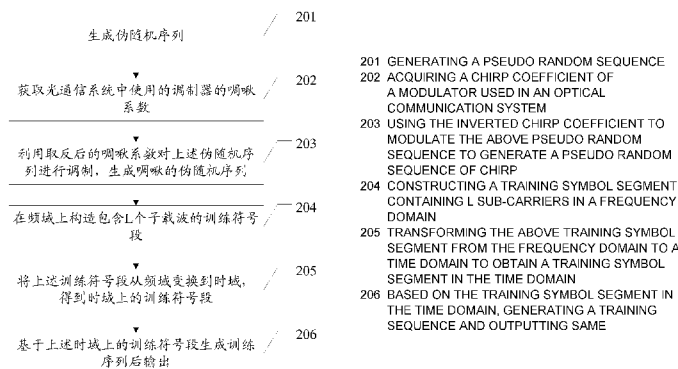


图 2-a / FIG. 2-a

(57) Abstract: Provided are a training sequence generation method, a training sequence generation device and an optical communication system. The training sequence generation method includes: generating a pseudo random sequence; acquiring a chirp coefficient of a modulator used in an optical communication system; using the inverted chirp coefficient to modulate the pseudo random sequence to generate a pseudo random sequence of chirp; constructing a training symbol segment containing L sub-carriers in a frequency domain, wherein, on the training symbol segment, a signal sent over the sub-carrier with the sequence number being an even number is a frequency domain signal of a pseudo random number with the same sequence number in the pseudo random sequence of chirp, and a signal sent over the sub-carrier with the sequence number being an odd number is a zero-level signal; transforming the training symbol segment from the frequency domain to a time domain to obtain a training symbol segment in the time domain; and based on the training symbol segment in the time domain, generating a training sequence and outputting same. The technical solution provided in the present invention can effectively solve the problem of frequency deviation of an optical signal caused by the introduction of chirp.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2014/032268 A1



本发明实施例提供了一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统，其中，一种训练序列生成方法包括：生成伪随机序列；获取光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；利用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段，其中，在该训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号；将训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；基于时域上的训练符号段生成训练序列后输出。本发明提供的技术方案能够有效解决啁啾的引入导致的光信号频偏问题。

一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统

技术领域

本发明实施例涉及光通信领域，尤其涉及一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统。

背景技术

城域与接入光网络系统是目前研究的热点，城域网是将分布在不同地点（企业、机关、智能小区、商住楼、宾馆、学校等）的用户业务进行最大程度的整合、梳理、汇聚后，再送往骨干层，从而使网络层次变得非常清晰，效率也得到极大提升。宽带城域网以光纤作为传输媒介时，接入技术也有多种选择，目前居于主流地位的有：以太网接入技术和无源光网络（PON, Passive Optical Network）技术。从整体上来讲，城域与接入光网络系统具有系统简单，成本低廉的特点。从七十年代开始，损耗为20dB的光纤问世后，人们最先研制并使用的是强度调制（IM, Intensity Modulation）-直接检测（DD, Direct Detection）方式的光纤通信，这种方式具有简单、经济、易于调整等优点。此外还存在另外一种光纤通信：相干光通信，相对于IM-DD，相干光通信除了可以对光波进行幅度调制外，还可以进行频移键控或相移键控，如二进制相移键控、差分相移键控、连续相频键控等，其具有多种调制方式，利于灵活的工程应用，但是它增加了系统的复杂性和成本。与相干光通信比较，IM-DD通信方式主要优点是系统实现简单，并且器件所需要的成本较低，适合应用于传统的城域与接入光网络系统。

在高速传输系统中，采用IM-DD和正交频分复用（OFDM, Orthogonal Frequency Division Multiplexing）技术相结合的方案，OFDM技术是一种特殊的频分复用技术，OFDM是多载波调制的一种，其主要思想是将信道划分为若干个正交子信道，将高速数据信号转换成并行的多路低速子数据信号，将每路低速子数据信号调制到一个子信道上进行传输，在频域上，这些低速子数据信号调制到每个子信道上后彼此正交，在接收端通过解复用技术来恢复被调制到每个子信道上的信号。如图1-a为OFDM的频域图，在图1-a中，每个单独的信道有七个子载波，每个子载波都由不同的峰值点表示且在整个符号周期内满足

-2-

正交性，即每个子载波的功率最大值点直接对应于相邻子载波的功率最小值点，从而使这些子载波能够部分重叠而不互相干扰，保证接收端能够不失真地复原信号。OFDM技术通过使子载波重叠而更有效地利用了频谱。虽然采用IM-DD和OFDM技术相结合的方案具有提高频谱效率，且在链路中不需要色散补偿光纤等优点，但是，由于系统成本的限制，该系统中常采用分布式反馈激光器(DFB, Distributed Feedback Laser)，直接调制(DFB, Distributed Feedback Bragg)激光器或电吸收调制器集成激光器(EML, Electro-Absorption Modulator Integrated with laser)作为光信号调制器，而这些光信号调制器在进行幅度调制的同时不可避免的伴随有相位调制，输出的光信号伴有随时间变化的相移，这种现象称为啁啾，啁啾的光信号经过标准单模光纤后，在接收端对信号的影响导致光信号的频偏，啁啾越大，频偏越大；不同频率的光信号，频偏不同。图1-b为接收端在啁啾的引入后OFDM的频域图，由图1-b可见，由于啁啾的引入，使得光信号在接收端的正交特性被破坏，即每个子载波的功率最大值点不再直接对应于相邻子载波的功率最小值点，从而导致了严重的符号间串扰。目前并没有相关技术方案能够有效解决啁啾引入导致的光信号频偏问题。

发明内容

本发明实施例提供了一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统，用于解决啁啾引入导致的光信号频偏问题。

本发明第一方面提供了一种训练序列生成方法，应用于光通信系统中，包括：

生成伪随机序列，其中，上述伪随机序列中的伪随机数的个数等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半；

获取上述光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；

利用取反后的上述啁啾系数对上述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；

在频域上构造包含L个子载波的训练符号段，其中，上述L等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半，其中，在上述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号；

将上述训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；

基于上述时域上的训练符号段生成训练序列后输出，其中，上述训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，每个上述训练符号由循环前缀和两个上述时域上的训练符号段组成。

5 结合本发明的第一方面，在第一种可能的实现方式中，上述利用取反后的上述啁啾系数对上述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列，包括：

在时域上，利用公式：

$$A(t) = \sqrt{2}A_0 \exp\left[-\frac{1+iC}{2}\left(\frac{t}{T_0}\right)^2\right],$$

对上述伪随机序列中的伪随机数进行幅度

10 调制，生成啁啾的伪随机序列，其中， $0 \leq t \leq T$ ，上述 T 为上述伪随机数的变化周期，式中 A_0 为上述伪随机数的原始幅度， $A(t)$ 为 t 时刻上述伪随机数经上述幅度调制后的幅度，式中 i 为虚数单位，式中 C 为取反后的上述啁啾系数，式中 T_0 为当 $A(t)$ 等于 $1/e$ 倍 A_0 时的半幅宽度，其中， e 为自然底数；

15 上述在频域上，在上述训练符号段的序数为偶数的子载波上发送上述啁啾的伪随机序列，在上述训练符号段的序数为奇数的子载波上发送零电平信号，之前包括：将上述啁啾的伪随机序列从时域变换到频域。

结合本发明第一方面或者本发明第一方面的第一种可能实现方式，在第二种可能的实现方式中，上述获取伪随机序列具体为：通过移位寄存器移位生成伪随机序列。

20 结合本发明第一方面，或者本发明第一方面的第一种可能实现方式，或者本发明第一方面的第二种可能实现方式，在第三种可能实现方式中，上述将上述训练符号段从频域变换到时域具体为：通过快速傅里叶逆变换或者离散傅里叶逆变换将上述训练符号段从频域变换到时域。

25 结合本发明第一方面，或者本发明第一方面的第一种可能实现方式，或者本发明第一方面的第二种可能实现方式，或者本发明第一方面的第三种可能实现方式，在本发明第四种可能实现方式中，上述序数为偶数的子载波上发送的信号为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号的 $\sqrt{2}$ 倍。

本发明第二方面提供了一种训练序列生成装置，应用于光通信系统中，

包括:

第一生成单元, 用于生成伪随机序列, 其中, 上述伪随机序列中的伪随机数的个数等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半;

获取单元, 用于获取上述光通信系统中使用的调制器的啁啾系数;

5 第二生成单元, 用于利用取反后的上述啁啾系数对上述伪随机序列进行调制, 生成啁啾的伪随机序列;

构造单元, 用于在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段, 其中, 上述 L 等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半, 其中, 在上述训练符号段上: 序数为偶数的子载波上发送的信号为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号, 序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号;

傅里叶逆变换单元, 用于将上述训练符号从频域变换到时域, 得到时域上的训练符号段;

15 训练序列生成输出单元, 用于基于上述时域上的训练符号段生成训练序列后输出, 其中, 上述训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号, 每个上述训练符号由循环前缀和两个上述时域上的训练符号段组成。

结合本发明第二方面, 在第一种可能实现方式中, 上述第二生成单元具体用于在时域上, 利用公式:

$$A(t) = \sqrt{2}A_0 \exp\left[-\frac{1+iC}{2}\left(\frac{t}{T_0}\right)^2\right],$$

20 伪随机数进行幅度调制, 生成啁啾的伪随机序列, 其中, $0 \leq t \leq T$, 上述 T 为上述伪随机数的变化周期, 式中 A_0 为上述伪随机数的原始幅度, $A(t)$ 为 t 时刻上述伪随机数经上述幅度调制后的幅度, 式中 i 为虚数单位, 式中 C 为取反后的上述啁啾系数, 式中 T_0 为当 $A(t)$ 等于 $1/e$ 倍 A_0 时的半幅宽度, 其中, e 为自然底数;

25 上述训练序列生成装置还包括:

傅里叶变换单元, 用于将上述第二生成单元生成的啁啾的伪随机序列从时

域变换到频域。

结合本发明第二方面，或者本发明第二方面的第一种可能实现方式中，在第二种可能实现方式中，上述第一生成单元具体用于：通过移位寄存器移位生成伪随机序列。

- 5 结合本发明第二方面，或者本发明第二方面的第一种可能实现方式，或者本发明第二方面的第二种可能实现方式，在第三种可能实现方式中，上述傅里叶逆变换单元具体用于：通过快速傅里叶逆变换或者离散傅里叶逆变换将上述训练符号段从频域变换到时域。

- 10 结合本发明第二方面，或者本发明第二方面的第一种可能实现方式，或者本发明第二方面的第二种可能实现方式，或者本发明第二方面的第三种可能实现方式，在第四种可能实现方式中，上述构造单元还用于将在序数为偶数的子载波上发送的信号的幅度增大为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号的幅度的 $\sqrt{2}$ 倍。

本发明第三方面提供了一种光通信系统，包括：

- 15 训练序列生成装置，光发射机和光接收机；

- 其中，上述训练序列生成装置用于：生成伪随机序列，其中，上述伪随机序列中的伪随机数的个数等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半；获取上述光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；利用取反后的上述啁啾系数对上述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段，其中，上述 L 等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半，其中，在上述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号；将上述训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；基于上述时域上的训练符号段生成训练序列
- 25 后输出，其中，上述训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，每个上述训练符号由循环前缀和两个上述时域上的训练符号段组成；

其中，上述光发射机用于：将上述训练序列生成装置输出的训练序列插入到至少一个待发送符号的起始位置的前面，形成携带训练序列的符号帧；将上述符号帧经发射处理后发送给上述光接收机；

其中，上述光接收机用于在接收到上述符号帧时，利用上述训练序列进行符号定时同步处理和载波频率同步处理。

从以上技术方案可以看出，本发明实施例具有以下优点：

5 本发明实施例中通过获取光信号调制器的啁啾系数和伪随机序列，使用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制，最终生成训练序列并输出，由于该训练序列包含的训练符号段的序数为偶数的子载波上发送的信号是使用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制生成，因此，当训练序列经过调制器后，正负啁啾相抵消，从而有效解决了啁啾的引入导致的光信号频偏问题。

附图说明

- 10 图 1-a 为未引入啁啾时的 OFDM 的频域图；
图 1-b 为在啁啾的引入后的 OFDM 的频域图；
图 2-a 为本发明实施例提供的训练序列生成方法一个实施例流程示意图；
图 2-b 为本发明实施例中的训练符号在时域上的结构示意图；
图 3 为本发明实施例提供的训练序列生成装置一个实施例结构示意图；
15 图 4 为本发明实施例提供的应用本发明生成的训练序列的光通信系统结构示意图；

图 5 为本发明实施例提供的应用本发明生成的训练序列的单载波频域均衡系统结构示意图。

具体实施方式

20 本发明实施例提供了一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统，可以应用于光通信系统中。

下面对本发明实施例中的一种训练序列生成方法进行描述，请参阅图 2-a，包括：

201、生成伪随机序列；

25 在本发明实施例中，伪随机序列在时域上看是一系列的 0 或 1，例如 0010111000011 为包含 11 个伪随机数的伪随机序列。训练序列生成装置可以通过移位寄存器生成该伪随机序列，当然，训练序列生成装置也可以通过其它方式伪随机序列发生器，此处不作限定。

本发明实施例中，训练序列生成装置生成的伪随机序列中的伪随机数的个

数等于光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半。

202、获取光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；

训练序列生成装置获取光通信系统中用于对传输信号进行调制的调制器的啁啾系数。

- 5 在实际应用中，EML 的啁啾系数较小，通常小于或等于 2，而 DFL 的啁啾系数较大，通常大于或者等于 6，由于光通信系统的传输带宽与其所使用的调制器的啁啾系数有一定的关系。例如，EML 的啁啾系数与光通信系统的传输带宽的关系如下式表示：

$$f_{3dB}^2 = \frac{\tan^{-1} a - \tan^{-1} \sqrt{1+2a^2}}{2\pi^2 \beta_2 L}, \text{ 其中, 式中 } a \text{ 是啁啾系数, } \beta_2 \text{ 为色散系数, } L$$

- 10 为光纤长度。

因此，本发明实施例中，训练序列生成装置可以根据传输带宽与光通信系统的调制器的啁啾系数的关系，获取光通信系统的调制器的啁啾系数，当然，本发明实施例中的训练序列生成装置也可以通过其它方式来获取光通信系统的调制器的啁啾系数，例如，训练序列生成装置可以根据光通信系统的调制器
15 的偏置电压与啁啾系数的关系来获取光通信系统的调制器的啁啾系数，此处不作限定。

203、利用取反后的啁啾系数对上述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；

在本发明一种应用场景中，训练序列生成装置在时域上利用公式：

$$20 \quad A(t) = \sqrt{2} A_0 \exp\left[-\frac{1+iC}{2} \left(\frac{t}{T_0}\right)^2\right], \text{ 对步骤 201 获取的伪随机序列中的伪随机}$$

数进行幅度调制，生成啁啾的伪随机序列，其中， $0 \leq t \leq T$ ， T 为一个伪随机数的变化周期，式中 A_0 为进行幅度调制的伪随机数的原始幅度， $A(t)$ 为 t 时刻上述啁啾的伪随机序列的幅度，式中 i 为虚数单位，式中 C 为对步骤 202 获取的啁啾系数进行取反得到的啁啾系数，式中 T_0 为当 $A(t)$ 等于 $1/e$ 倍 A_0 时的半幅宽

- 25 度，其中， e 为自然底数。

204、在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段；

其中，上述 L 等于上述光通信系统中一个符号（即 symbol）包含的子载波数的一半，且，在上述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号。举例说明，假设在上述训练符号段上包含序数为 2、4、6 的子载波，则在序数为 2 的子载波上发送啁啾的伪随机序列中序数为 2 的伪随机数的频域信号，在序数为 4 的子载波上发送啁啾的伪随机序列中序数为 4 的伪随机数的频域信号，在序数为 6 的子载波上发送啁啾的伪随机序列中序数为 6 的伪随机数的频域信号。

5 进一步，为了保证符号的发射功率，将上述序数为偶数的子载波上发送的信号幅度增大为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号幅度的 $\sqrt{2}$ 倍。

15 在本发明实施例中，若步骤 203 生成的啁啾的伪随机序列为时域信号，则在步骤 204 之前，训练序列生成装置先通过傅里叶变换（如可以是快速傅里叶变换（FFT，Fast Fourier Transformation）或离散傅里叶变换（DFT，Discrete Fourier Transform））将步骤 203 生成的啁啾的伪随机序列从时域变换到频域，得到啁啾的伪随机序列的频域信号。以便在步骤 204 中构造上述训练符号段。

205、将上述训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；

20 在本发明实施例中，训练序列生成装置可以通过快速傅里叶逆变换（IFFT，Inverse Fast Fourier Transformation）或者离散傅里叶逆变换（IDFT，Inverse Discrete Fourier Transform）将步骤 204 得到的训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段。

206、基于上述时域上的训练符号段生成训练序列后输出；

25 在本发明实施例中，生成的训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，如图 2-b 所示，每个训练符号由循环前缀（CP，Cyclic Prefix）和训练符号段 1 和训练符号段 2 组成，其中，训练符号 1 和训练符号段 2 均为步骤 205 得到的时域上的训练符号段，如图 2 所示，训练符号段 1 和训练符号段 2 各包含 $N/2$ 个子载波，其中，N 为上述光通信系统中一个符号包含的子载波数。

需要说明的是，本发明实施例中生成的训练序列可以应用于光正交频分复

用 (O-OFDM, Optical-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 系统中, 也可以应用于单载波频域均衡系统中, 或者, 应用于其它因调制器而引入啁啾的光通信系统中, 此处不作限定。

由上可见, 本发明实施例中通过获取光信号调制器的啁啾系数和伪随机序列, 使用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制, 最终生成训练序列并输出, 由于该训练序列包含的训练符号段的序数为偶数的子载波上发送的信号是使用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制生成, 因此, 当训练序列经过调制器后, 正负啁啾相抵消, 从而有效解决了啁啾的引入导致的光信号频偏问题。

下面对本发明实施例提供的一种训练序列生成装置进行描述, 请参阅图 3, 本发明实施例中的训练序列生成装置 300, 包括:

第一生成单元 301, 用于生成伪随机序列;

在本发明实施例中, 伪随机序列在时域上看是一系列的 0 或 1。第一生成单元 301 可以通过移位寄存器生成该伪随机序列, 当然, 第一生成单元 301 也可以通过其它方式伪随机序列发生器, 此处不作限定。

本发明实施例中, 第一生成单元 301 生成的伪随机序列中的伪随机数的个数等于光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半。

获取单元 302, 用于获取光通信系统中使用的调制器的啁啾系数。

第二生成单元 303, 用于利用取反后的啁啾系数对第一生成单元 301 生成的伪随机序列进行调制, 生成啁啾的伪随机序列;

在本发明一种应用场景中, 第二生成单元 303 具体用于:

在时域上利用公式:

$$A(t) = \sqrt{2}A_0 \exp\left[-\frac{1+iC}{2}\left(\frac{t}{T_0}\right)^2\right],$$

对第一生成单元 301 生成的伪随机序列

中的伪随机数进行幅度调制, 生成啁啾的训练序列, 其中, $0 \leq t \leq T$, T 为一个伪随机数的变化周期, 式中 A_0 为进行幅度调制的伪随机数的原始幅度, $A(t)$ 为

t 时刻上述啁啾的伪随机序列的幅度, 式中 i 为虚数单位, 式中 C 为对获取单元

302 获取的啁啾系数进行取反后得到的啁啾系数, 式中 T_0 为当 $A(t)$ 等于 $1/e$ 倍 A_0

时的半幅宽度，其中， e 为自然底数。

构造单元 304，用于在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段，其中， L 等于上述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半，其中，在上述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号。进一步，为了保证发射功率，构造单元 304 将在上述序数为偶数的子载波上发送的信号的幅度扩大为上述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号的幅度的 $\sqrt{2}$ 倍。

在本发明实施例中，若构造单元 304 生成的啁啾的伪随机序列为时域信号，则训练序列生成装置 300 进一步还包括：傅里叶变换单元（图中未示出），用于在构造单元 304 触发之前，将第二生成单元 303 生成的啁啾的伪随机序列从时域变换到频域之后输出给构造单元 304。

傅里叶逆变换单元 305，用于将构造单元 304 构造的上述训练符号从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段。

训练序列生成输出单元 306，用于基于傅里叶逆变换单元 305 变换后的时域上的训练符号段，生成训练序列后输出，其中，训练序列生成输出单元 306 生成的训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，其中，每个训练符号由循环前缀和两个傅里叶逆变换单元 305 变换后的时域上的训练符号段组成。

需要说明的是，本发明实施例中的训练序列生成装置 300 可以应用于 O-OFDM 系统中，也可以应用于单载波频域均衡系统中，或者，应用于其它因调制器而引入啁啾的光通信系统中，此处不作限定。

需要说明的是，本发明实施例中的训练序列生成装置 300 可以如上述方法实施例中的训练序列生成装置，可以用于实现上述方法实施例中的全部技术方案，其各个功能模块的功能可以根据上述方法实施例中的方法具体实现，其具体实现过程可参照上述实施例中的相关描述，此处不再赘述。

由上可见，本发明实施例中的训练序列生成装置通过获取光信号调制器的啁啾系数和伪随机序列，使用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制，最终生成训练序列并输出，由于该训练序列包含的训练符号段的序数为偶数的子载波上发送的信号是使用取反后的啁啾系数对伪随机序列进行调制生成，因此，

当训练序列经过调制器后，正负啁啾相抵消，从而有效解决了啁啾的引入导致的光信号频偏问题。

本发明实施例还提供了一种应用本发明实施例生成的训练序列的光通信系统，如图 4 所示，光通信系统 400 包括训练序列生成装置 401，光发射机 402 和光接收机 403；

其中，本发明实施例中的训练序列生成装置 401 可以如上述装置实施例中的训练序列生成装置，可以用于实现上述装置实施例中的全部技术方案，其各个功能模块的功能可以根据上述方法实施例中的方法具体实现，其具体实现过程可参照上述实施例中的相关描述，此处不再赘述。

其中，光发射机 402 用于将训练序列生成装置 401 输出的训练序列插入到至少一个待发送符号的起始位置的前面，形成携带训练序列的符号帧；将该符号帧经发射处理后发送给上述光接收机 403。本发明实施例中，光发射机 402 可以在每个待发送符号的起始位置前面都插入一个上述训练序列，也可以每隔若干个待发送符号插入一个上述训练序列，具体地插入方式可以依据光通信系统的实际需求进行设计，此处不作限定。

其中，光接收机 403 用于在接收到来自光发射机 402 发射的上述符号帧时，利用上述符号中的上述训练序列进行符号定时同步处理和载波频率同步处理；

本发明实施例中，光接收机 403 在接收到光发射机 402 发射的上述符号帧时，可以利用上述符号中的上述训练序列，采用 Schmidl&Cox（即 S&C）算法或滑动窗口法等符号定时同步方法进行符号定时同步处理和载波频率同步处理。

举例说明，如图 5 所示为应用本发明实施例中生成的训练序列的单载波频域均衡系统架构图，由图 5 可见，在光发射机中，比特数据流经过正交幅度调制（QAM, Quadrature Amplitude Modulation）模块的 QAM 映射后，在 OFDM 成帧模块里加入本发明实施例中训练序列生成装置输出的训练序列，构成 OFDM 的帧格式，被调制器调制到光载波上在光纤中传输；在光接收机中，从光纤中传输过来的光信号在光电转换模块中被转换成电信号，去 CP 模块然后去除电信号中的 CP，并在符号定时同步模块里进行符号定时同步处理，进一步经过采样频率同步模块的采样频率同步处理和载波频率同步模块的载波

频率同步处理之后，依次通过 FFT 模块、频率均衡器和 IFFT 模块进行频域均衡处理，对频域均衡处理后的信号进行 QAM 解映射，还原出原始的比特数据流。

需要说明的是，本发明实施例中的训练序列生成装置 401 可以集成在光发射机 402 中，也可以是独立于光发射机 402 的装置，此处不作限定。

在本申请所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的装置和方法，可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，或者也可以分布到多个网络单元上。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本发明各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。上述集成的单元既可以采用硬件的形式实现，也可以采用软件功能单元的形式实现。

所述集成的单元如果以软件功能单元的形式实现并作为独立的产品销售或使用，可以存储在一个计算机可读取存储介质中。基于这样的理解，本发明的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的部分或者该技术方案的全部或部分可以以软件产品的形式体现出来，该计算机软件产品存储在一个存储介质中，包括若干指令用以使得一台计算机设备（可以是个人计算机，服务器，或者网络设备）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分步骤。而前述的存储介质包括：U 盘、移动硬盘、只读存储器（ROM，Read-Only Memory）、随机存取存储器（RAM，Random Access Memory）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

以上对本发明所提供的一种训练序列生成方法、训练序列生成装置及光通信系统进行了详细介绍，对于本领域的一般技术人员，依据本发明实施例的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

权 利 要 求

1、一种训练序列生成方法，应用于光通信系统中，其特征在于，包括：
生成伪随机序列，其中，所述伪随机序列中的伪随机数的个数等于所述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半；

5 获取所述光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；

利用取反后的所述啁啾系数对所述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；

10 在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段，其中，所述 L 等于所述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半，其中，在所述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为所述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号；

将所述训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；

15 基于所述时域上的训练符号段生成训练序列后输出，其中，所述训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，每个所述训练符号由循环前缀和两个所述时域上的训练符号段组成。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述利用取反后的所述啁啾系数对所述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列，包括：

在时域上，利用公式：

$$A(t) = \sqrt{2}A_0 \exp\left[-\frac{1+iC}{2}\left(\frac{t}{T_0}\right)^2\right], \text{ 对所述伪随机序列中的伪随机数进行幅度}$$

20 调制，生成啁啾的伪随机序列，其中， $0 \leq t \leq T$ ，所述 T 为所述伪随机数的变化周期，式中 A_0 为所述伪随机数的原始幅度， $A(t)$ 为 t 时刻所述伪随机数经所述幅度调制后的幅度，式中 i 为虚数单位，式中 C 为取反后的所述啁啾系数，式中 T_0 为当 $A(t)$ 等于 $1/e$ 倍 A_0 时的半幅宽度，其中， e 为自然底数；

25 所述在频域上，在所述训练符号段的序数为偶数的子载波上发送所述啁啾的伪随机序列，在所述训练符号段的序数为奇数的子载波上发送零电平信号，之前包括：

将所述啁啾的伪随机序列从时域变换到频域。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，
所述获取伪随机序列具体为：

通过移位寄存器移位生成伪随机序列。

4、根据权利要求 1 至 3 任一项所述的方法，其特征在于，

5 所述将所述训练符号段从频域变换到时域具体为：

通过快速傅里叶逆变换或者离散傅里叶逆变换将所述训练符号段从频域变换到时域。

5、根据权利要求 1 至 4 任一项所述的方法，其特征在于，

10 所述序数为偶数的子载波上发送的信号幅度为所述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号的幅度的 $\sqrt{2}$ 倍。

6、一种训练序列生成装置，应用于光通信系统中，其特征在于，包括：

第一生成单元，用于生成伪随机序列，其中，所述伪随机序列中的伪随机数的个数等于所述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半；

获取单元，用于获取所述光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；

15 第二生成单元，用于利用取反后的所述啁啾系数对所述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；

构造单元，用于在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段，其中，所述 L 等于所述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半，其中，在所述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为所述啁啾的伪随机序列中相同
20 序数的伪随机数的频域信号，序数为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号；

傅里叶逆变换单元，用于将所述训练符号从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；

25 训练序列生成输出单元，用于基于所述时域上的训练符号段生成训练序列后输出，其中，所述训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，每个所述训练符号由循环前缀和两个所述时域上的训练符号段组成。

7、根据权利要求 6 所述的训练序列生成装置，其特征在于，

所述第二生成单元具体用于在时域上，利用公式：

$$A(t) = \sqrt{2}A_0 \exp\left[-\frac{1+iC}{2}\left(\frac{t}{T_0}\right)^2\right],$$

对所述第一生成单元生成的伪随机序列的伪随机数进行幅度调制，生成啁啾的伪随机序列，其中， $0 \leq t \leq T$ ，所述 T 为所述伪随机数的变化周期，式中 A_0 为所述伪随机数的原始幅度， $A(t)$ 为 t 时刻所述伪随机数经所述幅度调制后的幅度，式中 i 为虚数单位，式中 C 为取反后的
 5 所述啁啾系数，式中 T_0 为当 $A(t)$ 等于 $1/e$ 倍 A_0 时的半幅宽度，其中， e 为自然底数；

所述训练序列生成装置还包括：

傅里叶变换单元，用于将所述第二生成单元生成的啁啾的伪随机序列从时域变换到频域。

- 10 8、根据权利要求6或7所述的训练序列生成装置，其特征在于，所述第一生成单元具体用于：通过移位寄存器移位生成伪随机序列。
- 9、根据权利要求6至8任一项所述的训练序列生成装置，其特征在于，所述傅里叶逆变换单元具体用于：通过快速傅里叶逆变换或者离散傅里叶逆变换将所述训练符号段从频域变换到时域。
- 15 10、根据权利要求6至9任一项所述的训练序列生成装置，其特征在于，所述构造单元还用于将在序数为偶数的子载波上发送的信号的幅度增大为所述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号的幅度的 $\sqrt{2}$ 倍。
- 11、一种光通信系统，其特征在于，包括：
 训练序列生成装置，光发射机和光接收机；
- 20 其中，所述训练序列生成装置用于：生成伪随机序列，其中，所述伪随机序列中的伪随机数的个数等于所述光通信系统中一个符号包含的子载波数的一半；获取所述光通信系统中使用的调制器的啁啾系数；利用取反后的所述啁啾系数对所述伪随机序列进行调制，生成啁啾的伪随机序列；在频域上构造包含 L 个子载波的训练符号段，其中，所述 L 等于所述光通信系统中一个符号
 25 包含的子载波数的一半，其中，在所述训练符号段上：序数为偶数的子载波上发送的信号为所述啁啾的伪随机序列中相同序数的伪随机数的频域信号，序数

为奇数的子载波上发送的信号为零电平信号；将所述训练符号段从频域变换到时域，得到时域上的训练符号段；基于所述时域上的训练符号段生成训练序列后输出，其中，所述训练序列的时域结构包含两个相同的训练符号，每个所述训练符号由循环前缀和两个所述时域上的训练符号段组成；

- 5 其中，所述光发射机用于：将所述训练序列生成装置输出的训练序列插入到至少一个待发送符号的起始位置的前面，形成携带训练序列的符号帧；将所述符号帧经发射处理后发送给所述光接收机；

其中，所述光接收机用于在接收到所述符号帧时，利用所述训练序列进行符号定时同步处理和载波频率同步处理。

-1/4-

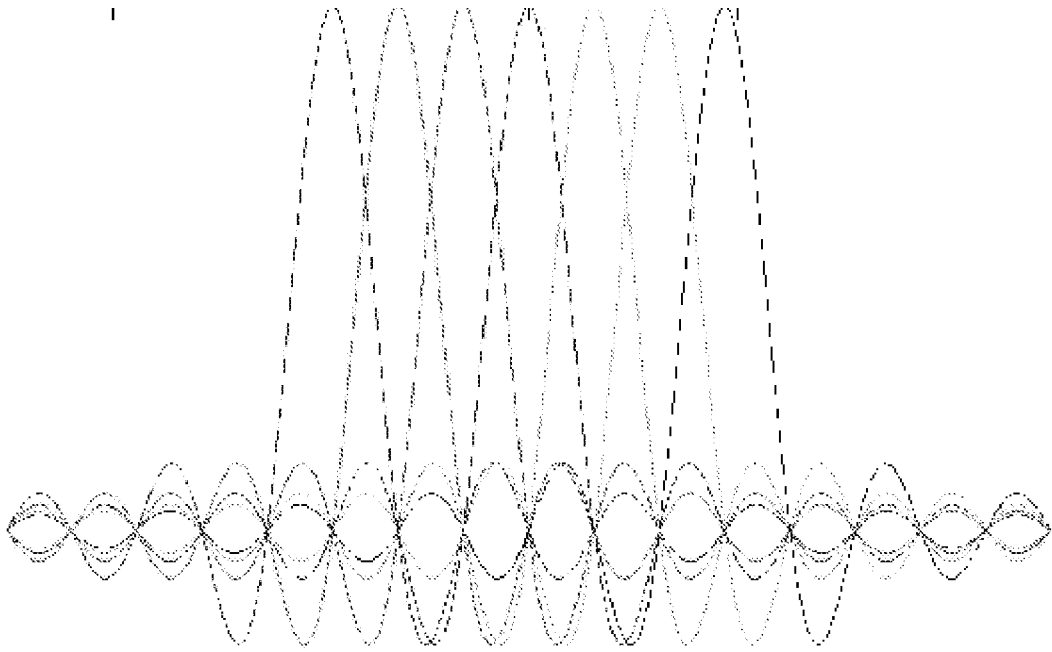


图 1-a

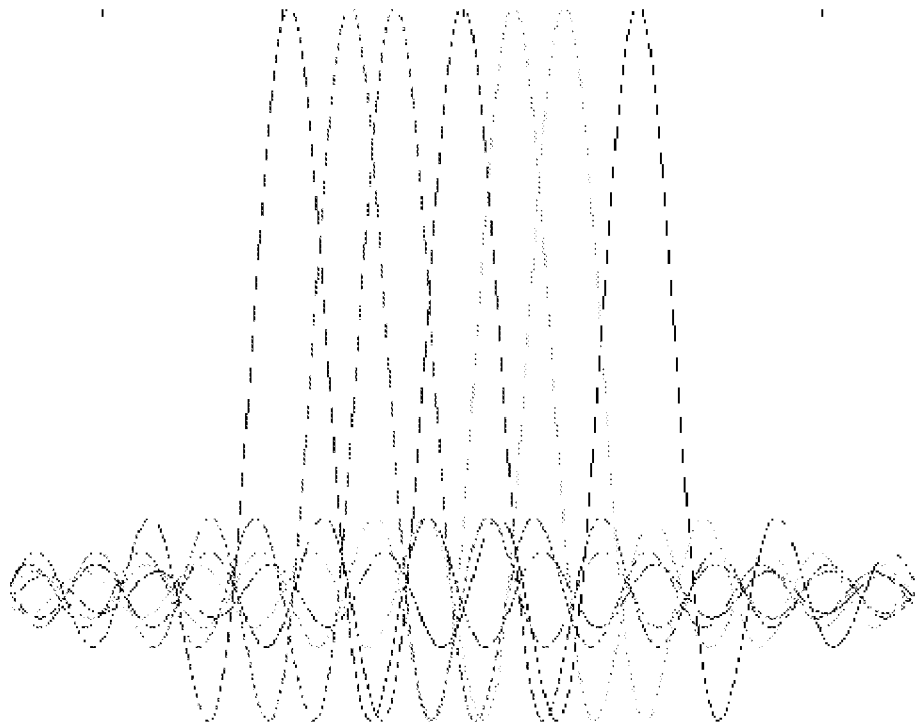


图 1-b



图 2-a

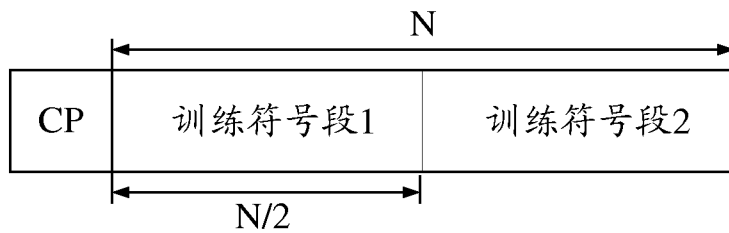


图 2-b

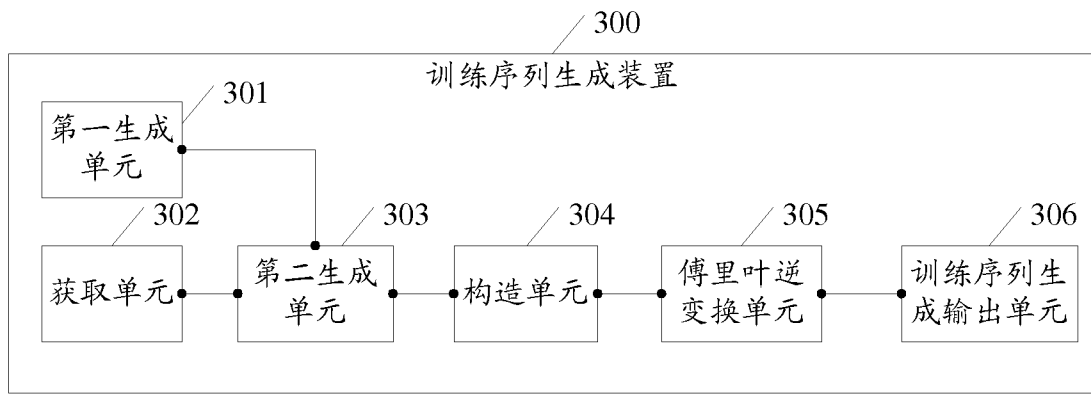


图 3

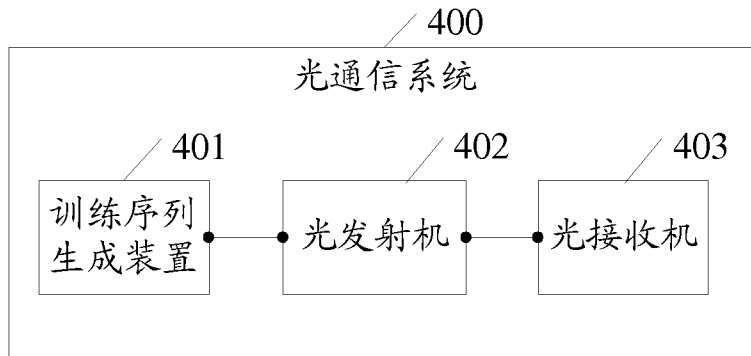


图 4

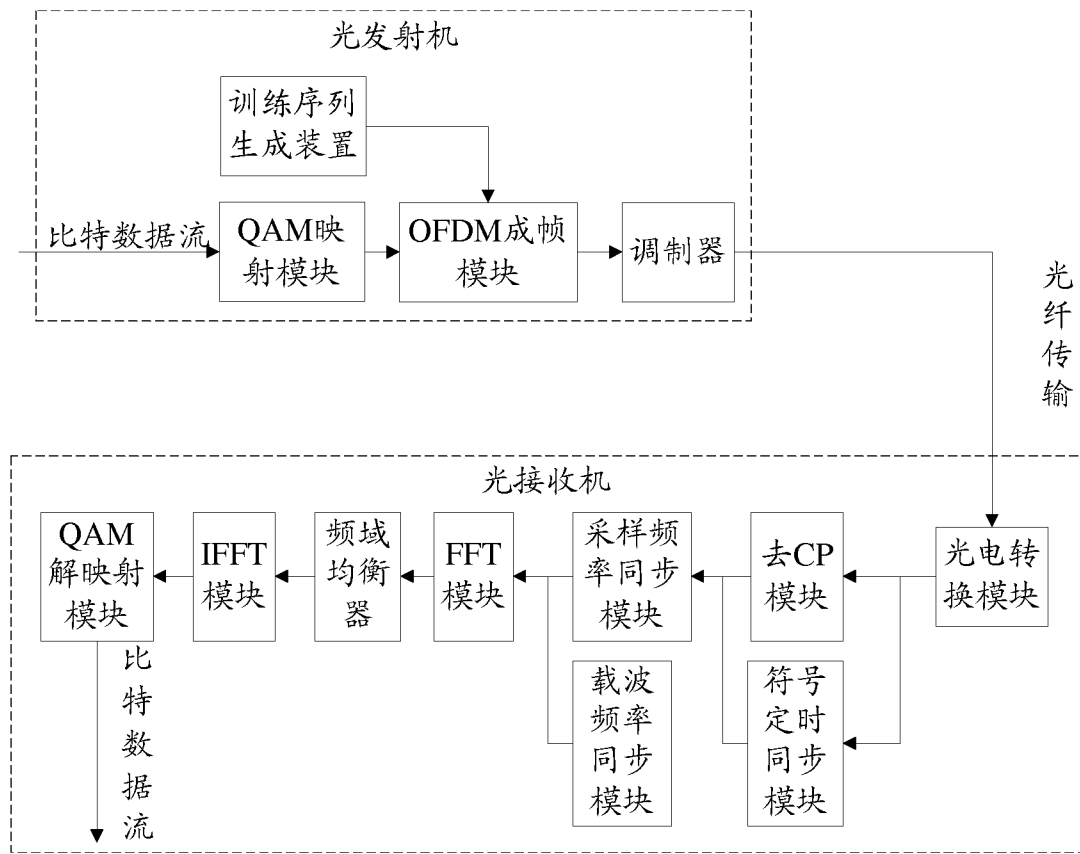


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2012/080821**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

H04L 27/26 (2006.01) i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC: H04L, H04W, G06F

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

VEN, CNTXT, CPRSABS: pseudo random, pseudo, chirp, training, factor

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 1469561 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.), 21 January 2004 (21.01.2004), the whole document	1-11
A	CN 101895500 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 24 November 2010 (24.11.2010), the whole document	1-11
A	CN 101960804 A (AGERE SYSTEM INC.), 26 January 2011 (26.01.2011), the whole document	1-11

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

* Special categories of cited documents:	“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance	“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date	“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)	“&” document member of the same patent family
“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means	
“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed	

Date of the actual completion of the international search
21 May 2013 (21.05.2013)Date of mailing of the international search report
06 June 2013 (06.06.2013)Name and mailing address of the ISA/CN:
State Intellectual Property Office of the P. R. China
No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao
Haidian District, Beijing 100088, China
Facsimile No.: (86-10) 62019451

Authorized officer

LI, QiTelephone No.: (86-10) **62412015**

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/CN2012/080821

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 1469561 A	21.01.2004	None	
CN 101895500 A	24.11.2010	None	
CN 101960804 A	26.01.2011	EP 2248313 A2	10.11.2010
		KR 20100116645 A	01.11.2010
		TW 200952402 A	16.12.2009
		WO 2009111137 A2	11.09.2009
		JP 2011521488 A	21.07.2011
		US 8320439 B2	27.11.2012
		US 2009219978 A1	03.09.2009
		WO 2009111137 A3	10.12.2009

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号
PCT/CN2012/080821

检索报告中引用的 专利文件	公布日期	同族专利	公布日期
CN1469561A	21.01.2004	无	
CN101895500A	24.11.2010	无	
CN101960804A	26.01.2011	EP2248313A2	10.11.2010
		KR20100116645A	01.11.2010
		TW200952402A	16.12.2009
		WO2009111137A2	11.09.2009
		JP2011521488A	21.07.2011
		US8320439B2	27.11.2012
		US2009219978A1	03.09.2009
		WO2009111137A3	10.12.2009