

(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
2016 年 1 月 7 日 (07.01.2016)



(10) 国际公布号
WO 2016/000319 A1

- (51) 国际专利分类号:
H04L 27/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2014/086444
- (22) 国际申请日: 2014 年 9 月 12 日 (12.09.2014)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410307156.4 2014 年 6 月 30 日 (30.06.2014) CN
- (71) 申请人: 深圳市中兴微电子有限公司 (ZHONGXING MICROELECTRONICS TECHNOLOGY CO. LTD) [CN/CN]; 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (72) 发明人: 芦秋雁 (LU, Qiuyan); 中国广东省深圳市盐田区大梅沙 1 号厂房, Guangdong 518085 (CN)。
- (74) 代理人: 北京派特恩知识产权代理有限公司 (CHINA PAT INTELLECTUAL PROPERTY OFFICE); 中国北京市海淀区海淀南路 21 号中关村知识产权大厦 B 座 2 层, Beijing 100080 (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, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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, ST, 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, KM, 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: FREQUENCY OFFSET ESTIMATION METHOD AND APPARATUS IN OPTICAL TRANSMISSION NETWORK AND STORAGE MEDIUM

(54) 发明名称: 光传输网络中的频偏估计方法与装置、存储介质

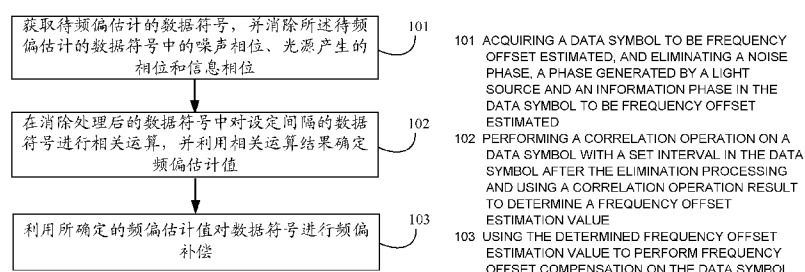


图 1 / FIG. 1

(57) Abstract: Disclosed are a frequency offset estimation method and apparatus in an optical transmission network and a storage medium. The method comprises: acquiring a data symbol to be frequency offset estimated, and eliminating a noise phase, a phase generated by a light source and an information phase in the data symbol to be frequency offset estimated; and performing a correlation operation on a data symbol with a set interval in the data symbol after the elimination processing and using a correlation operation result to determine a frequency offset estimation value.

(57) 摘要: 本发明实施例公开了一种光传输网络中的频偏估计方法及装置、存储介质, 所述方法包括: 获取待频偏估计的数据符号, 并消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位; 在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算, 并利用相关运算结果确定频偏估计值。



WO 2016/000319 A1

光传输网络中的频偏估计方法与装置、存储介质

技术领域

本发明涉及频偏估计技术，尤其涉及一种光传输网络中的频偏估计方法与装置、存储介质。

5 背景技术

100G 数字处理器 (DSP, Digital Signal Processor) 用于 100G 线卡中的 100G 光模块中，主要进行数据信号处理，是 100G 光模块的重要组成部分。其中，100G DSP 中包括有频偏估计部分，该部分主要进行频偏估计，便于进行信号的频偏补偿，是 100G DSP 处理的一个重要环节。相比于目前使用的 40G DSP，100G DSP 的处理速度大幅提升，如仍采用现有的频偏估计技术，处理效率将会相当低。

发明内容

为解决上述技术问题，本发明实施例提供一种光传输网络中的频偏估计方法与装置、存储介质，频偏估计精度自适应、实时性更强、收敛速度更快。

本发明实施例的技术方案是这样实现的：

一种光传输网络中的频偏估计方法，包括：

获取待频偏估计的数据符号，并消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位；

20 在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算，并利用相关运算结果确定频偏估计值。

优选地，所述消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产

生的相位和信息相位, 包括:

将所述待频偏估计的数据符号和所述待频偏估计的数据符号的共轭相乘, 再对相乘结果进行四次方, 消除所述待频偏估计的数据符号的信息相位和光源产生的相位;

- 5 将连续的多个待频偏估计的数据符号进行累加, 消除所述待频偏估计的数据符号的噪声相位差值。

优选地, 所述对设定间隔的数据符号进行相关运算, 具体计算公式如下:

$$C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$$

- 10 其中, N 为待频偏估计的数据符号 S_i 与 S_{i+N} 之间的符号间隔值, $\sum$ 表示累加运算, S_i^* 为待频偏估计的数据符号 S_i 的共轭;

对应地, 通过下式确定频偏估计值 Δf :

$$\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C) / \text{Re}(C))$$

- 15 其中, F_s 为单位数据符号速率, $\arctan()$ 表示反正切运算, $\text{Im}(C)$ 表示 C 对应的虚部, $\text{Re}(C)$ 表示 C 对应的实部。

优选地, 所述待频偏估计的数据符号包括 X 偏振态数据符号和 Y 偏振态数据符号;

对于 Y 偏振态数据符号, 确定频偏估计值, 对相邻的数据符号进行相关运算, 即按下式进行相关运算:

20
$$C = \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+1})$$

对于 X 偏振态数据符号, 设定间隔值 N 是变化的, N 的取值为 1、2、4、8、16 中的一个。

优选地, 所述方法还包括:

为每一设定间隔值设置对应的阈值;

- 25 对于任一设定间隔值, 当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏

振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值超出该设定间隔值对应的阈值时，确定 X 偏振态数据符号发生相位模糊，将对 X 偏振态数据符号进行相关运算的设定间隔值 N 调整为 1，并继续进行 X 偏振态数据符号的频偏估计。

5 优选地，所述方法还包括：

当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值，且确定当前的设定间隔值 N 为非 16 时，以 1、2、4、8、16 的顺序依次使 N 增大；

10 N 增大后，当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值位于设定阈值范围且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值时，保持当前的设定间隔值不变；

当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值超出第一阈值，且确定当前的设定间隔值 N 为 16 时，保持设定间隔值 N 为 16。

15 一种光传输网络中的频偏估计装置，包括：获取单元、消除单元、相关运算单元和第一确定单元；其中：

获取单元，配置为获取待频偏估计的数据符号；

消除单元，配置为消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位；

20 相关运算单元，配置为在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算；

第一确定单元，配置为利用相关运算结果确定频偏估计值。

优选地，所述消除单元，还配置为：

25 将所述待频偏估计的数据符号和所述待频偏估计的数据符号的共轭相乘，再对相乘结果进行四次方，消除所述待频偏估计的数据符号的信息相

位和光源产生的相位;

将连续的多个待频偏估计的数据符号进行累加, 消除所述待频偏估计的数据符号的噪声相位差值。

优选地, 所述相关运算单元按下式对设定间隔的数据符号进行相关运算:

$$C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$$

其中, N 为待频偏估计的数据符号 S_i 与 S_{i+N} 之间的符号间隔, $\sum$ 表示累加运算, S_i^* 为待频偏估计的数据符号 S_i 的共轭;

对应地, 所述第一确定单元通过下式确定频偏估计值 Δf :

$$\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C))$$

其中, F_s 为单位数据符号速率, $\arctan()$ 表示反正切运算, $\text{Im}(C)$ 表示 C 对应的虚部, $\text{Re}(C)$ 表示 C 对应的实部。

优选地, 所述待频偏估计的数据符号包括 X 偏振态数据符号和 Y 偏振态数据符号;

对于 Y 偏振态数据符号, 所述相关运算单元对相邻的数据符号进行相关运算, 即按下式进行相关运算:

$$C = \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+1})$$

对于 X 偏振态数据符号, 设定间隔值 N 是变化的, N 的取值为 1、2、4、8、16 中的一个。

优选地, 所述装置还包括: 设置单元和第三确定单元, 其中:

设置单元, 配置为为每一设定间隔值设置对应的阈值;

第三确定单元, 配置为对于任一设定间隔值, 当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值超出该设定间隔值对应的阈值时, 确定 X 偏振态数据符号发生相位模糊;

对应地, 所述相关运算单元将对 X 偏振态数据符号进行相关运算的设

定间隔 N 调整为 1，并继续对 X 偏振态数据符号进行相关运算。

优选地，所述装置还包括：

第四确定单元，配置为确定当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值，且当前的设定间隔值 N 为非 16 时，以 1、2、4、8、16 的顺序依次使 N 增大；以及

确定 N 增大后，当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值位于设定阈值范围且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值时，保持当前的设定间隔值不变；以及

10 确定当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值超出第一阈值，且当前的设定间隔值 N 为 16 时，保持设定间隔值 N 为 16。

一种存储介质，所述存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序配置为执行前述的光传输网络中的频偏估计方法。

15 本发明实施例中，首先获取待频偏估计的数据符号，并消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位；在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算，并利用相关运算结果确定频偏估计值，根据所确定的频偏估计值对数据符号进行频偏补偿。本发明实施例中，由于消除了数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位，频偏估计更准确；并能根据当前的频偏估计结果，调整频偏估计的数据符号之间的间隔，从而能动态调整频偏估计的精度。本发明实施例的技术方案的频偏估计精度自适应、实时性更强、收敛速度更快，能更好地适用于 100G 数字处理器中，也适用于处理速率更高的光信号处理器中。

20

附图说明

图 1 为本发明实施例的光传输网络中的频偏估计方法的流程图;

图 2 为本发明实施例的数据符号频偏估计示意图;

图 3 为本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置的组成结构示意图。

具体实施方式

为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白,下文中将结合附图对本发明的实施例进行详细说明。需要说明的是,在不冲突的情况下,本申请中的实施例及实施例中的特征可以相互任意组合。

图 1 为本发明实施例的光传输网络中的频偏估计方法的流程图,如图 1 所示,本示例的光传输网络中的频偏估计方法包括以下步骤:

步骤 101,获取待频偏估计的数据符号,并消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位。

这里,待频偏估计的数据符号可以是当前接收到的数据符号,也可以是发送出去的数据符号。本发明实施例中,数据符号是指的光网络信号。

本发明实施例中,数据符号 S_k 的相位可表示为:
 $\theta_k = \theta_s(k) + \Delta\omega K T_i + \theta_N + \theta_{ASE}$; 其中, $\theta_s(k)$ 为信息相位; θ_N 为激光器线宽引起的相位; θ_{ASE} 为噪声相位; $\Delta\omega K T_i$ 为频偏相位。其中, $\theta_s(k)$ 的取值为 0 、 π 、 $\pm\pi/2$, 将采样数据符号 S_k 和与 S_k 具有设定间隔的 S_{k-N} 的共轭相乘,再对相乘结果进行 4 次方运算,从而消除掉 S_k 的信息相位和激光器线宽引起的相位(即光源产生的相位);将连续的多个数据符号进行累加,从而消除掉噪声相位。本发明实施例中,由于噪声相位在不同的数据符号中应当是沿 0 相位左右摇摆的,当将多个连续的数据符号进行累加,进行累加的数据符号中的噪声相位的累加和接近于 0 ,这样即可消除其中的噪声相位。

步骤 102,在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关

运算，并利用相关运算结果确定频偏估计值。

对设定间隔的数据符号进行相关运算，具体计算公式如下：

$$C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$$

其中，N 为待频偏估计的数据符号 S_i 与 S_{i+N} 之间的符号间隔， $\sum$ 表示累

5 加运算， S_i^* 为待频偏估计的数据符号 S_i 的共轭；

对应地，通过下式确定频偏估计值 Δf ：

$$\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C))$$

其中， F_s 为单位数据符号， $\arctan()$ 表示反正切运算， $\text{Im}(C)$ 表示 C 对应的虚部， $\text{Re}(C)$ 表示 C 对应的实部。

10 本发明实施例中，待频偏估计的数据符号包括 X 偏振态数据符号和 Y 偏振态数据符号；

对于 Y 偏振态数据符号，确定频偏估计值，对相邻的数据符号进行相关运算，即按下式进行相关运算：

$$C = \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+1})$$

15 对于 X 偏振态数据符号，设定间隔 N 是变化的，N 的取值为 1、2、4、8、16 中的一个。

本发明实施例中，为每一设定间隔值设置对应的阈值；

20 对于任一设定间隔值，当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值超出该设定间隔值对应的阈值时，确定 X 偏振态数据符号发生相位模糊，将对 X 偏振态数据符号进行相关运算的设定间隔 N 调整为 1，并继续进行 X 偏振态数据符号的频偏估计。

25 本发明实施例中，当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值，且确定当前的设定间隔值 N 为非 16 时，以 1、2、4、8、16 的顺序依次使 N 增大；

N 增大后, 当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值位于设定阈值范围且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值时, 保持当前的设定间隔值不变;

当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且
5 当前频偏估计值的绝对值超出第一阈值, 且确定当前的设定间隔值 N 为 16 时, 保持设定间隔值 N 为 16。

步骤 103, 利用所确定的频偏估计值对数据符号进行频偏补偿。

当确定出频偏估计值后, 即可对数据符号进行频偏补偿。

以下通过具体示例, 进一步阐明本发明实施例的技术方案的实质。

10 本发明实施例中, 是通过相关的两个数据符号间的相位差来估计频偏。通过相邻或者间隔一段距离的数据符号进行相关运算得到相位差, 如图 2 所示, 相关输出公式为: $C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$; 对相关输出结果取相位, 并除以数据符号间隔可得平均角频偏: $\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C))$, 其中 F_s 为单位数据符号速率, N 为 S_i 和 S_{i+N} 的数据符号间隔。由于
15 $-\pi \leq \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C)) \leq \pi$, 所以当 F_s 一定时, 频偏估计范围为 $[-F_s/2N, F_s/2N]$ 。

在 100G 光网络系统中, 频偏估计的数据速率 $F_s=32G$, 数据符号分 X 与 Y 两个偏振态, 当收发端采用四相相移键控(QPSK, Quadrature Phase Shift Keying)/四相相对相移键控(DQPSK, Differential Quadrature Reference Phase
20 Shift Keying)调制, 则数据符号 S_k 的相位可表示为:
 $\theta_k = \theta_s(k) + \Delta\omega K T_i + \theta_N + \theta_{ASE}$; 其中, $\theta_s(k)$ 为信息相位; θ_N 为激光器线宽引起的相位; θ_{ASE} 为噪声相位; $\Delta\omega K T_i$ 为频偏相位。 $\theta_s(k)$ 为 $0, \pi, \pm\pi/2$, 将数据符号 S_k 和数据符号 S_{k-N} 的共轭相乘, 再 4 次方, 消除掉信息相位和激光器线宽引起的相位; 将连续的多个数据信号进行累加, 从而消除掉噪声相位差
25 值。相位消除后的数据符号就可以按照图 2 所示的频偏估计方法进行频偏

估计, 对频偏估计结果, 再除 4 (主要是受 4 次方影响, 使得 $\arctan$ 计算出的角度是真实值的四倍, 即可得到频偏估计值 $\Delta\omega T_i$ 。由于 4 次方运算会导致频偏相位为原来的 4 倍, 在估计得到相位差以后, 需要对相位除以 4。

由于指数的相位只能在 $\pm\pi$ 以内, 所以当频偏相位超过 $\pm\pi/4$, 即可确定产生了相位模糊; 本发明实施例为了获得频偏估计精确度和减小相位模糊的可能性, 还需要在发生相位模糊时进行相应的频偏估计处理, 以下详细介绍。

当环路输出的频偏补偿值接近于真实频偏值时, 经过频偏补偿后的数据剩余频偏非常小, 计算当前数据和上一个数据的共轭值 $X_k X_{k-1}^*$ 即数据符号的设定间隔 $N=1$ 时, 得出前后两个数据的相位差值。由于 $N=1$ 时频偏相位所占比例很小, 为了提高估计精度, 可以增大间隔值 N 。这样 S_k 和 S_{k-N} 相位差值中频偏相位提高了 N 倍, 同时频偏估计范围缩小了 N 倍。

以前后两次输出的频偏估计角度值的差值 $|\Delta\theta_k - \Delta\theta_{k-1}|$ 和频偏估计值的绝对值 $|\theta_c|$ 作为判断数据符号的设定间隔 N 跳转的条件。当环路满足条件 $|\Delta\theta_k - \Delta\theta_{k-1}| < 0.0005$ (0.0005 为弧度单位, 下文的角度取值的含义都是弧度单位), 同时 $|\theta_c| < 0.01$ 时, N 以 1、2、4、8、16 的顺序递增, 比如原来 $N=1$, 加大后 $N=2$, 原来 $N=2$, 加大后 $N=4$ 。

N 递增后如果 $|\Delta\theta_k - \Delta\theta_{k-1}|$ 在 $[0.0005, 0.05]$ 之间且 $|\theta_c| < 0.01$, 说明二阶环路在稳定过程中, N 值保持不变, 直到二阶环路输出稳定在更高精度的频偏值, 即 $|\Delta\theta_k - \Delta\theta_{k-1}| < 0.0005$, N 值继续增加, $N=16$ 后不再增加。

当二阶环路满足 $|\Delta\theta_k - \Delta\theta_{k-1}| > 0.05$ 或 $|\theta_c| > 0.05$, 说明输入数据频偏有大幅度的变化, 则 N 复位为 1。然后重复以上过程。

按照本发明实施例的技术方案, 当 $F_s=32\text{Ghz}$ 时, 在 $N=1$ 时, 可以获得较大的频偏估计范围, 频偏估计范围为 $[-4\text{Ghz}, 4\text{Ghz}]$ (考虑 4 次方运算); 在 $N=16$ 时, 频偏估计范围为 $[-250\text{Mhz}, 250\text{Mhz}]$, 可以获得较高的精度。

4 次方计算两个间隔为 N 的数据的共轭乘积时, 如果两个数据角度值的差值的绝对值大于 $\pi/4$, 比如 $\pi/4 + 0.1$, 则确定发生了相位模糊。如果两个数据间隔 $N=16$, 发生相位模糊后角度偏差值 $\pi/32$; 如果两个数据间隔 $N=8$, 角度偏差值 $=\pi/16$, 以此类推可知 $N=2、4$ 的情况。

5 针对这种可能发生的情况, 需要 XY 两个偏振态的数据符号分别计算频偏估计值。 X 偏振态的 4 次方频偏估计计算根据频偏稳定条件动态调整间隔 N 值最大 16。 Y 偏振态的 4 次方频偏估计计算保持间隔 N 值始终为 1, 即总是计算相邻的两个数据相位差值。所以 Y 偏振态只有在输入数据频偏值瞬间增加了大于 $\pi/4$ 时, 才可能发生相位模糊, 这种情况可以通过帧同步
10 模块检测纠正过来, 所以此处不考虑这种相位模糊, 也就是说认为 Y 偏振态不会出现相位模糊。

X 偏振态频偏估计因为采用了间隔 N 值动态调整, 精度可以自适应, 用 X 偏振态的频偏补偿值补偿 XY 两路输入数据。 Y 偏振态由于 N 值始终为 1, 用来校正 X 路频偏估计的相位模糊。当 X 偏振态处于频偏估计稳定
15 状态时 (即当 $N=16$ 时), 与 Y 路输出的频偏估计值相差 ≥ 0.1 , 即当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值 ≥ 0.1 时, 则认为 X 路发生了相位模糊; 当 $N=8$ 时, 与 Y 路输出的频偏估计值相差 ≥ 0.2 , 即当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值 ≥ 0.2 时, 则认为 X 路发生
20 了相位模糊; 以此类推可知 $N=2、4$ 时的 X 路发生了相位模糊的判断门限 (一般情况下我们只在 $N=16$ 时才进行相位模糊的判断)。如果 X 路发生了相位模糊, 将 X 路间隔 N 值复位为 1, 使之重新进行频偏值估计。

图 3 为本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置的组成结构示意图, 如图 3 所示, 本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置包括: 获取单元 30、消除单元 31、相关运算单元 32 和第一确定单元 33; 其中:
25

获取单元 30, 配置为获取待频偏估计的数据符号;

消除单元 31, 配置为消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位;

5 相关运算单元 32, 配置为在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算;

第一确定单元 33, 配置为利用相关运算结果确定频偏估计值。

上述消除单元 31, 还配置为:

10 将所述待频偏估计的数据符号和所述待频偏估计的数据符号的共轭相乘, 再对相乘结果进行四次方, 消除所述待频偏估计的数据符号的信息相位和光源产生的相位;

将连续的多个待频偏估计的数据符号进行累加, 消除所述待频偏估计的数据符号的噪声相位差值。

上述相关运算单元 32 按下式对设定间隔的数据符号进行相关运算:

$$C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$$

15 其中, N 为待频偏估计的数据符号 S_i 与 S_{i+N} 之间的符号间隔, $\sum$ 表示累加运算, S_i^* 为待频偏估计的数据符号 S_i 的共轭;

对应地, 所述第一确定单元 33 通过下式确定频偏估计值 Δf :

$$\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C))$$

20 其中, F_s 为单位数据符号速率, $\arctan()$ 表示反正切运算, $\text{Im}(C)$ 表示 C 对应的虚部, $\text{Re}(C)$ 表示 C 对应的实部。

本发明实施例中, 所述待频偏估计的数据符号包括 X 偏振态数据符号和 Y 偏振态数据符号;

对于 Y 偏振态数据符号, 所述相关运算单元 32 对相邻的数据符号进行相关运算, 即按下式进行相关运算:

25
$$C = \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+1})$$

对于 X 偏振态数据符号, 设定间隔 N 是变化的, N 的取值为 1、2、4、8、16 中的一个。

在图 3 所示的光传输网络中的频偏估计装置的基础上, 本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置还包括: 设置单元和第三确定单元, 其中:

5 设置单元(图 3 中未示出), 配置为为每一设定间隔值设置对应的阈值;

第三确定单元(图 3 中未示出), 配置为对于任一设定间隔值, 当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态的数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值超出该设定间隔值对应的阈值时, 确定 X 偏振态数据符号发生相位模糊;

10 对应地, 所述相关运算单元 32 将对 X 偏振态数据符号进行相关运算的设定间隔 N 调整为 1, 并继续对 X 偏振态数据符号进行相关运算。

在图 3 所示的光传输网络中的频偏估计装置的基础上, 本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置还包括:

15 第四确定单元(图 3 中未示出), 配置为确定当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值, 且当前的设定间隔值 N 为非 16 时, 以 1、2、4、8、16 的顺序依次使 N 增大; 以及

20 确定 N 增大后, 当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值位于设定阈值范围且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值时, 保持当前的设定间隔值不变; 以及

确定当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值超出第一阈值, 且当前的设定间隔值 N 为 16 时, 保持设定间隔值 N 为 16。

25 本领域技术人员应当理解, 上述的第二确定单元、第三确定单元及第四确定单元并非实现本发明实施例的基本技术方案的必要技术特征, 而是

为了优化本发明实施例的技术方案而设置的。

本领域技术人员应当理解，本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置中各处理单元的功能，可参照前述的光传输网络中的频偏估计方法的相关描述而理解，本发明实施例的光传输网络中的频偏估计装置中各处理
5 单元，可通过实现本发明实施例所述的功能的模拟电路而实现，也可以通过执行本发明实施例所述的功能的软件在智能设备上的运行而实现。

本发明实施例还记载了一种存储介质，所述存储介质中存储有计算机程序，所述计算机程序配置为执行前述各实施例的光传输网络中的频偏估计方法。

10 在本发明所提供的几个实施例中，应该理解到，所揭露的方法和智能设备，可以通过其它的方式实现。以上所描述的设备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，如：多个单元或组件可以结合，或可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另外，所显示或讨论的各组成部
15 分相互之间的耦合、或直接耦合、或通信连接可以是通过一些接口，设备或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性的、机械的或其它形式的。

上述作为分离部件说明的单元可以是、或也可以不是物理上分开的，作为单元显示的部件可以是、或也可以不是物理单元，即可以位于一个地方，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
20 或全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，在本发明各实施例中的各功能单元可以全部集成在一个处理单元中，也可以是各单元分别单独作为一个单元，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，也可以采用硬件加软件功能单元的形式实现。

25 本领域普通技术人员可以理解：实现上述方法实施例的全部或部分步

骤可以通过程序指令相关的硬件来完成，前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，执行包括上述方法实施例的步骤；而前述的存储介质包括：移动存储设备、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。

或者，本发明实施例上述集成的单元如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，也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，本发明实施例的技术方案本质上或者说对现有技术做出贡献的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、或者网络设备等）执行本发明各个实施例所述方法的全部或部分。而前述的存储介质包括：移动存储设备、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。

以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在本发明的保护范围之内。

工业实用性

本发明的频偏估计精度自适应、实时性更强、收敛速度更快，能更好地适用于 100G 数字处理器中，也适用于处理速率更高的光信号处理器中。

权利要求书

1、一种光传输网络中的频偏估计方法，所述方法包括：

获取待频偏估计的数据符号，并消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位；

5 在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算，并利用相关运算结果确定频偏估计值。

2、根据权利要求1所述的方法，其中，所述消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位，包括：

10 将所述待频偏估计的数据符号和所述待频偏估计的数据符号的共轭相乘，再对相乘结果进行四次方，消除所述待频偏估计的数据符号的信息相位和光源产生的相位；

将连续的多个待频偏估计的数据符号进行累加，消除所述待频偏估计的数据符号的噪声相位差值。

15 3、根据权利要求1所述的方法，其中，所述对设定间隔的数据符号进行相关运算，具体计算公式如下：

$$C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$$

其中，N为待频偏估计的数据符号 S_i 与 S_{i+N} 之间的符号间隔值， Σ 表示累加运算， S_i^* 为待频偏估计的数据符号 S_i 的共轭；

对应地，通过下式确定频偏估计值 Δf ：

20
$$\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C))$$

其中， F_s 为单位数据符号速率， $\arctan()$ 表示反正切运算， $\text{Im}(C)$ 表示C对应的虚部， $\text{Re}(C)$ 表示C对应的实部。

4、根据权利要求3所述的方法，其中，所述待频偏估计的数据符号包括X偏振态数据符号和Y偏振态数据符号；

对于 Y 偏振态数据符号，确定频偏估计值，对相邻的数据符号进行相关运算，即按下式进行相关运算：

$$C = \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+1})$$

对于 X 偏振态数据符号，设定间隔值 N 是变化的，N 的取值为 1、2、
5 4、8、16 中的一个。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述方法还包括：

为每一设定间隔值设置对应的阈值；

对于任一设定间隔值，当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值超出该设定间隔值对应的
10 阈值时，确定 X 偏振态数据符号发生相位模糊，将对 X 偏振态数据符号进行相关运算的设定间隔值 N 调整为 1，并继续进行 X 偏振态数据符号的频偏估计。

6、根据权利要求 4 所述的方法，其中，所述方法还包括：

当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且
15 当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值，且确定当前的设定间隔值 N 为非 16 时，以 1、2、4、8、16 的顺序依次使 N 增大；

N 增大后，当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值位于设定阈值范围且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值时，保持当前的设定间隔值不变；

20 当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值超出第一阈值，且确定当前的设定间隔值 N 为 16 时，保持设定间隔值 N 为 16。

7、一种光传输网络中的频偏估计装置，所述装置包括：获取单元、消除单元、相关运算单元和第一确定单元；其中：

25 获取单元，配置为获取待频偏估计的数据符号；

消除单元，配置为消除所述待频偏估计的数据符号中的噪声相位、光源产生的相位和信息相位；

相关运算单元，配置为在消除处理后的数据符号中对设定间隔的数据符号进行相关运算；

5 第一确定单元，配置为利用相关运算结果确定频偏估计值。

8、根据权利要求 7 所述的装置，其中，所述消除单元，还配置为：

将所述待频偏估计的数据符号和所述待频偏估计的数据符号的共轭相乘，再对相乘结果进行四次方，消除所述待频偏估计的数据符号的信息相位和光源产生的相位；

10 将连续的多个待频偏估计的数据符号进行累加，消除所述待频偏估计的数据符号的噪声相位差值。

9、根据权利要求 7 所述的装置，其中，所述相关运算单元按下式对设定间隔的数据符号进行相关运算：

$$C=1/N \times \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+N})$$

15 其中，N 为待频偏估计的数据符号 S_i 与 S_{i+N} 之间的符号间隔， $\sum$ 表示累加运算， S_i^* 为待频偏估计的数据符号 S_i 的共轭；

对应地，所述第一确定单元通过下式确定频偏估计值 Δf ：

$$\Delta f = F_s / (2\pi N) \times \arctan(\text{Im}(C)/\text{Re}(C))$$

20 其中， F_s 为单位数据符号速率， $\arctan()$ 表示反正切运算， $\text{Im}(C)$ 表示 C 对应的虚部， $\text{Re}(C)$ 表示 C 对应的实部。

10、根据权利要求 9 所述的装置，其中，所述待频偏估计的数据符号包括 X 偏振态数据符号和 Y 偏振态数据符号；

对于 Y 偏振态数据符号，所述相关运算单元对相邻的数据符号进行相关运算，即按下式进行相关运算：

25
$$C = \sum_{i=1}^N (S_i^* \times S_{i+1})$$

对于 X 偏振态数据符号, 设定间隔值 N 是变化的, N 的取值为 1、2、4、8、16 中的一个。

11、根据权利要求 10 所述的装置, 其中, 所述装置还包括: 设置单元和第三确定单元, 其中:

5 设置单元, 配置为为每一设定间隔值设置对应的阈值;

第三确定单元, 配置为对于任一设定间隔值, 当 X 偏振态数据符号的当前频偏估计值与 Y 偏振态数据符号的当前频偏估计值的差值的绝对值超出该设定间隔值对应的阈值时, 确定 X 偏振态数据符号发生相位模糊;

对应地, 所述相关运算单元将对 X 偏振态数据符号进行相关运算的设定间隔 N 调整为 1, 并继续对 X 偏振态数据符号进行相关运算。

12、根据权利要求 11 所述的装置, 其中, 所述装置还包括:

第四确定单元, 配置为确定当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值, 且当前的设定间隔值 N 为非 16 时, 以 1、2、4、8、16 的顺序依次使 N 增大;

15 以及

确定 N 增大后, 当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值位于设定阈值范围且当前频偏估计值的绝对值小于第一阈值时, 保持当前的设定间隔值不变; 以及

确定当前的频偏估计值与前次频偏估计值的差值的绝对值小于第一阈值且当前频偏估计值的绝对值超出第一阈值, 且当前的设定间隔值 N 为 16 时, 保持设定间隔值 N 为 16。

13、一种存储介质, 所述存储介质中存储有计算机程序, 所述计算机程序配置为执行权利要求 1 至 6 任一项所述的光传输网络中的频偏估计方法。

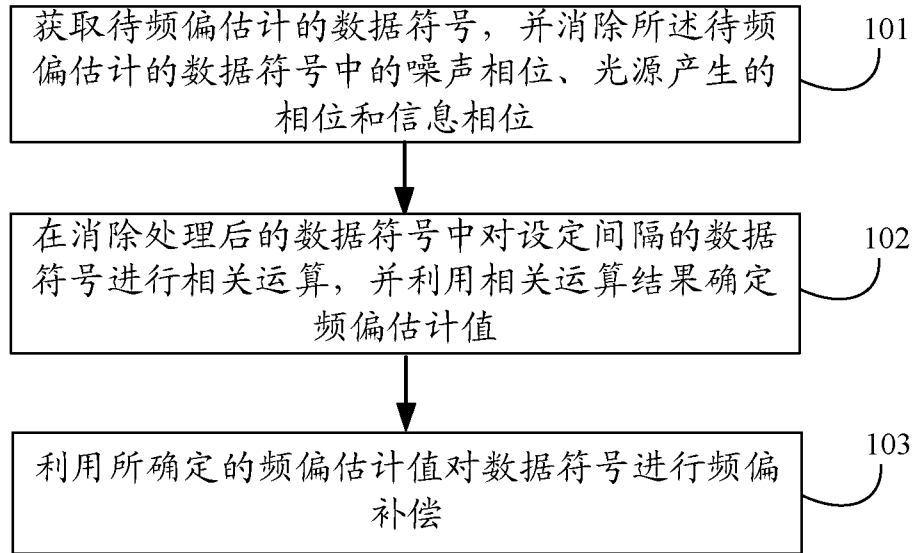


图 1

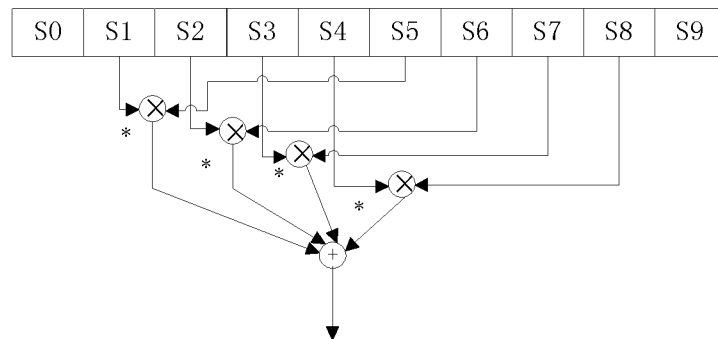


图 2



图 3

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2014/086444

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H04L 27/00 (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)

H04L

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)

CPRSABS, CNTXT, CNKI: estimate, frequency offset, phase, light, noise phase, network, eliminate, evaluate, frequency offset estimation

VEN, GOOGLE: estimate, evaluate, frequency deviation, frequency offset, noise phase, optical network

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	CN 101232480 A (MARVELL INTERNATIONAL LTD.), 30 July 2008 (30.07.2008), description, page 6, line 9 to page 7, line 7 and page 8, lines 8-21, and figure 7	1, 7, 13
A	CN 103095614 A (UNIVERSITY OF ELECTRONIC SCIENCE AND TECHNOLOGY OF CHINA), 08 May 2013 (08.05.2013), the whole document	1-13

☐ 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 20 March 2015 (20.03.2015)	Date of mailing of the international search report 13 April 2015 (13.04.2015)
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 TANG, Wensen Telephone No.: (86-10) 62411230

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2014/086444

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 101232480 A	30 July 2008	CN 101232480 B	05 September 2012
CN 103095614 A	08 May 2013	None	

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2014/086444

A. 主题的分类

H04L 27/00(2006.01)i

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

H04L

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CPRSABS, CNTXT, CNKI: 估计, 频率偏移, 相位, 光, 噪声相位, 网络, 消除, 评估, 频偏估计, 频率偏移, 相位, 光, 噪声相位, 网络, 消除, 评估, 频偏估计, 频率偏移, 光, 网络, 评估, 频偏 VEN, GOOGLE: estimate, evaluate, frequency deviation, frequency offset, noise phase, optical network

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
X	CN 101232480 A (马维尔国际贸易有限公司) 2008年 7月 30日 (2008 - 07 - 30) 说明书第6页第9行至第7页第7行、第8页第8行至第21行, 图7	1, 7, 13
A	CN 103095614 A (电子科技大学) 2013年 5月 8日 (2013 - 05 - 08) 全文	1-13

☐ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2015年 3月 20日

国际检索报告邮寄日期

2015年 4月 13日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN)
北京市海淀区蓟门桥西土城路6号
100088 中国

传真号 (86-10)62019451

受权官员

唐文森

电话号码 (86-10)62411230

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2014/086444

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)	
CN	101232480	A	2008年 7月 30日	CN	101232480 B	2012年 9月 5日
CN	103095614	A	2013年 5月 8日	无		