



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200610074444.5

[43] 公开日 2007年10月3日

[11] 公开号 CN 101047682A

[22] 申请日 2006.4.10
 [21] 申请号 200610074444.5
 [71] 申请人 华为技术有限公司
 地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为
 总部办公楼
 [72] 发明人 方李明 梁 勇 未海洪

[74] 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司
 代理人 逯长明

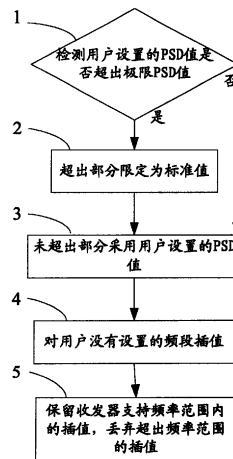
权利要求书 3 页 说明书 12 页 附图 6 页

[54] 发明名称

数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法

[57] 摘要

本发明公开一种数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其包括如下步骤：在标准规定的数字用户线收发器的发送频段范围内，对没有设置功率谱密度的频段，根据标准规定采用插值的方法计算功率谱密度。采用本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的用户，可以在其没有设置功率谱密度的频段实现功率谱密度设置，因此操作简单，并且该方法能够在最大限度范围内充分利用标准规定的功率谱密度，从而提高数字用户线的性能和速度。



1. 一种数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：在标准规定的数字用户线收发器的发送频段范围内，对没有设置功率谱密度的频段，根据标准规定采用插值的方法计算功率谱密度。

2. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该插值的方法是以功率谱密度的增益调整系数满足标准规定来进行插值。

3. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该方法进一步包括：检测用户设置频段的功率谱密度是否超出标准规定，如果用户设置的频段内的功率谱密度超过标准规定，数字用户线收发器将其转换为标准规定的功率谱密度；如果用户设置的频段的功率谱密度没有超过标准规定，数字用户线收发器采用用户设置的功率谱密度。

4. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该方法进一步包括：将用户设置频段的功率谱密度转为增益调整系数并检测该增益调整系数是否超出标准规定，如果增益调整系数超过标准规定，数字用户线收发器将其转换为标准规定的增益调整系数；如果用户设置频段的增益调整系数没有超过标准规定，数字用户线收发器采用用户设置的增益调整系数。

5. 如权利要求 1~4 中任意一项所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该方法进一步包括：如果插值的子载波小于整个频段的最小子载波或大于整个频段的最大子载波，则超过部分的子载波的功率谱密度不被考虑在插值所得的功率谱密度以内。

6. 如权利要求 1~4 中任意一项所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该方法进一步包括：如果插值的子载波小于整个频段的最小子载波或大于整个频段的最大子载波，则超过部分的子载波的增益调整系数不被考虑在插值所得的增益调整系数以内。

7. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该插值的方法是以用户设置频段的最小子载波为基准根据标准规定的增益调整系数，确定插值范围的最小子载波，在插值范围的最小子载波与用户设置频段的最小子载波之间进行插值。

8. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 该插值的方法是以用户设置频段的最大子载波为基准根据标准规定的增益调整系数, 确定插值范围的最大子载波, 在该插值范围的最大子载波与用户设置频段的最大子载波之间进行插值。

9. 如权利要求 7 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 若该插值范围的最小子载波不是整数, 则将其向下取整。

10. 如权利要求 8 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 若该插值范围的最大子载波不是整数, 则将其向上取整。

11. 如权利要求 7 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 该插值的方法确定插值范围的最小子载波在整个频段的范围内, 则该插值范围的最小子载波与整个频段的最小子载波之间的所有子载波的功率谱增益调整系数是 1。

12. 如权利要求 8 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 该插值的方法确定插值范围的最大子载波在整个频段的范围内, 则该插值范围的最大子载波与整个频段的最大子载波之间的所有子载波的功率谱增益调整系数是 1。

13. 如权利要求 7 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 该插值的方法满足以下公式进行插值:

$$T_{ss_i} = 1 + \left(\frac{T_{ss_m} - 1}{m - p} \right) \times (i - p), p \leq i \leq m$$

其中, m 、 p 分别表示用户设置的最小子载波和插值范围的最小子载波, T_{ss_m} 是用户设置的最小子载波功率谱增益调整系数。

14. 如权利要求 8 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法, 其特征在于: 该插值的方法满足以下公式进行插值:

$$T_{ss_i} = T_{ss_n} + \left(\frac{1 - T_{ss_n}}{q - n} \right) \times (q - i), n \leq i \leq q$$

其中, n 、 q 分别表示用户设置的最大子载波和插值范围的最大子载波, T_{ss_m} 、 T_{ss_n} 是用户设置的最小和最大子载波功率谱增益调整系数。

15. 如权利要求 7 或 8 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方

法，其特征在于：该插值的方法满足以下公式进行插值：

$$\text{PSD}_i = T_{ss_i} \times (X_i + jY_i), \quad T_{ss_i} \text{ 是子载波功率谱增益调整系数。}$$

16. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：在信道发现及信道发现之前确定额定功率谱密度为缺省的功率谱密度。

17. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：在信道发现之后确定参考功率谱密度为缺省的功率谱密度。

18. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该数字用户线收发器是 ADSL2 收发器或 VDSL2 收发器。

19. 如权利要求 1 所述的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其特征在于：该插值的方法在数字用户线收发器管理实体上完成。

数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法

技术领域

本发明涉及一种发送功率谱密度整形方法,特别是涉及一种数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法。

背景技术

非对称数字用户线(Asymmetrical Digital Subscriber Line, ADSL)技术经过多年的发展,已经从第一代的 ADSL 发展到现在的第二代的非对称数字用户线(Second Generation ADSL, ADSL2),下行带宽扩展的第二代的非对称数字用户线(Extend Down Stream Band with ADSL2, ADSL2+)以及更新的第二代甚高速数字用户线(Very-high-bit-rate DSL 2, VDSL2),各种类型的 DSL 技术总称为 xDSL。xDSL 使用的频带在逐渐增加,相应的带宽也在逐渐增加。ADSL 和 ADSL2 下行使用 1.1MHz 以下的频谱能够提供最大 8Mbps 的下行速率, ADSL2+将下行带宽扩展到 2.2MHz,能够提供最大 24Mbps 的下行速率,而 VDSL2 甚至使用高达 30MHz 的频谱,能够提供最高上下行对称 100Mbps 的速率。

由于 xDSL 的传输媒质是非屏蔽双绞线,不同双绞线之间存在电磁耦合,因此一对双绞线上传输的信号会通过电磁耦合的途径传输到另外的双绞线上,形成串扰(XTALK)。为降低这种串扰,双绞线采用不同绞距并且 xDSL 本身采用差分信号传送和接收,尽可能利用双绞线的对称性抵消共模干扰信号。但是由于双绞线的对称性有限,因此串扰依旧存在,在一些特殊情况下,这种串扰的影响甚至会导致业务无法正常运行。

举例说明,较早的 xDSL 接入设备一般位于局端(Central Office, CO)处,随着对带宽需求的增加,要求 xDSL 接入设备越来越靠近用户,从而位于远端的 xDSL 接入设备的应用模式也在逐渐增加,特别是 VDSL2 将主要放置于小区、大楼、路边等很靠近用户的位置。这些相应模式带来一些频谱兼容的问题,主要是由于位于局端的 xDSL 接入设备的信号经过衰减后其幅度很小,其信噪比会受到这些靠近用户的 xDSL 接入设备对于原来位于局端的 xDSL 接入设备的串扰影响而导致性能降低。

请参考图 1，是一种远端模块的 ADSL2+传输信号对于局端的 ADSL 传输信号的串扰影响示意图。远端模块(Remote Module)的下行信号 DS2 与局端的下行信号 DS1 在与局端相连的用户住地设备(custom Premise Equipments, CPE)处产生串扰信号 DS'，该串扰信号 DS'对局端的下行信号 DS1 产生严重的影响。

为规范由双绞线组成的大多数电缆中各种业务的运行，避免各自频谱之间的干扰影响对方的业务，对于同一电缆的双绞线之间的各种业务的总发送功率和发送功率谱密度(Power spectrum density, PSD)进行严格的频谱规定，其中 T1.417 规定了各种 xDSL 业务的功率和功率谱密度。一些国家为引入竞争，制定非绑定业务的法规，ILEC 必须出租线路给一些 CLEC 以提供宽带接入服务。为避免这些相互竞争的运营商之间的频谱竞争干扰整个双绞线上所有运营商的业务，很多国家或地区都定义了频谱管理规范，在 ITU-T 规定的 xDSL 功率谱密度模板(Power spectrum density mask, PSD mask)基础上对功率谱的分布做进一步的规定，称作定制功率谱密度。

为满足运营商定制的需求，在 ADSL 和 VDSL2 中定义发送功率谱整形工具(Transmitting Spectrum Shaping, Tss)，Tss 是一种增益调整系数，定义为每一个子载波相对于额定(Nominal)PSD 或者参考(Reference)PSD 的调整幅度，每一个子载波在信道发现(Channel Discovery)以前是额定 PSD 值，在信道发现之后是参考 PSD 值，如下面的公式所示：

$$Z_i = g_i \times tss_i \times (X_i + jY_i)$$

其中 $j = \sqrt{-1}$ ， g_i 是根据比特(bit)加载的结果对 Medley 信号的增益调整， $X_i + jY_i$ 的幅度在信道发现阶段应该不超过额定 PSD 值，在信道发现以后应该不超过参考 PSD 值。而额定 PSD 值和参考 PSD 值之间一般相差一个功率削减(Power Cut Back, PCB)值，这是在信道发现阶段根据线路长度得到的能够避免与该发送器相连的接收器过载的一个对额定功率的削减值。

请参考图 2，是发送 PSD 整形功能降低图 1 中的串扰影响示意图。该 PSD 值整形功能是将远端的下行信号 DS2 功率谱(25kHz~2MHz)与局端的下行信号 DS1 功率谱(25kHz~1MHz)重叠的频段(25kHz~1MHz)降低到其串扰信号 DS'对

局端的下行信号 DS1 产生的影响与局端中其他用户的下行信号对其产生的影响一样, 这样就能避免局端的业务无法应用又能保证局端的业务带宽不受很大影响。

根据G.992.3, Tss_i 的值是一个小于 1 的正数。根据G.997.1, Tss_i 采用对数表示其范围为 0~127, 对应的 Tss_i 值为-0.5dB的倍数。用户实际上并不是直接配置 Tss_i , 而是直接设置PSD mask的值, 称为管理信息库(Management Information Base, MIB)PSD, 然后收发器根据用户设置的MIB计算 Tss_i :

$$Z_{mib_i} = tss_i \times (X_i + jY_i)$$

由于子载波的数目很多, 通常并不需要精确到对每一个子载波进行设置, 具体的做法是设置一些断点处的 PSD 值, 格式为 (t_i, PSD_i) , 其中 t_i 为第 i 个子载波, PSD_i 为第 i 个子载波的功率谱密度值。收发器将断点之间进行插值法填充, 得到整个频带的 PSD 值, 然后转换成一个 Tss_i 数组, 这样可以简化功率谱整形的配置工作量, 根据标准最多可以设置 16 或者 32 个断点。根据现有技术设置 Tss 时必须保证整个频段的第一个子载波和最后一个子载波必须在 MIB PSD 值的数组中, 否则收发器就可能会给出一个无法预料的结果: 用户将起始点的 PSD 值设得很低并插值或将起始点设得很高并插值, 总之其结果都不可控。

请参考图 3, 是采用一种现有技术的发送功率谱密度整形方法得到的 MIB PSD 值效果示意图。曲线 1 表示规定极限(Limited)PSD 值(PSD 的最大允许值), 曲线 2 表示用户希望的 PSD 值, 曲线 3 表示用户实际得到的 PSD 值。整个频段范围是 $c \sim d$, 由于用户自己设置的第一个子载波 m 远大于 c , 最后一个子载波 n 远小于 d , 用户在频段 $m \sim n$ 之间插值, 因此频段 $(c \sim m)$ 和频段 $(n \sim d)$ 中用户希望得到的 PSD 值与实际得到的 PSD 值有较大差别, 没有充分利用规定的极限 PSD 值。

该种方案设置 MIB PSD 值时, 要求用户必须设置整个频段 $(c \sim d)$, 即起始子载波 c 和终止子载波 d 必须被包含在 MIB PSD 值数组中, 即使用户可能只对其中一段频段 $(m \sim n)$ 有特殊要求而其他频段则不太关注。如果任何时候都需要设置整个频段的 PSD 值, 这给 MIB PSD 的配置带来很多的工作量和负担。这种问题在 VDSL2 中尤其突出, 由于存在多个上行和下行频段, 如果需要针对每一个频段都进行设置, 对于用户来说很繁重。

请参考图 4，是采用另一种现有技术的发送功率谱密度整形方法得到的 MIB PSD 值效果示意图。曲线 11 表示极限 PSD 值，曲线 12 表示用户希望的 PSD 值，曲线 13 表示用户根据插值及设定得到的 PSD 值。该方法设置 MIB PSD 值时，将用户设置的起点 m 的 PSD_m 作为最小索引号的子载波 c 到 m 之间的 PSD 值，终点 n 的 PSD_n 值作为从 n 到最大索引号的子载波 d 之间的 PSD 值，用户在频段 $m \sim n$ 之间插值。

该方法较图 1 的第一种现有技术设置简单，但是不能充分利用允许的功率谱密度限制，功率谱利用率较低，频段 $(c \sim m)$ 和频段 $(n \sim d)$ 中用户希望得到的 PSD 值与实际得到的 PSD 值仍然存在较大差别，从而性能受到影响，因此数字用户线的速率可能会有很大下降。

发明内容

本发明要解决的技术问题是提供一种使用户希望得到的 PSD 值与实际得到的 PSD 值差异较小、充分利用允许的功率谱密度限制，从而功率谱利用率较高的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法。

一种数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法，其包括如下步骤：在标准规定的数字用户线收发器的发送频段范围内，对没有设置功率谱密度的频段，根据标准规定采用插值的方法计算功率谱密度。

本发明的第一种改进在于：该插值的方法是以功率谱密度的增益调整系数满足标准规定来进行插值。

本发明的第二种改进在于：该方法进一步包括：检测用户设置频段的功率谱密度是否超出标准规定，如果用户设置的频段内的功率谱密度超过标准规定，数字用户线收发器将其转换为标准规定的功率谱密度；如果用户设置的频段的功率谱密度没有超过标准规定，数字用户线收发器采用用户设置的功率谱密度。

本发明的第三种改进在于：该方法进一步包括：将用户设置频段的功率谱密度转为增益调整系数并检测该增益调整系数是否超出标准规定，如果增益调整系数超过标准规定，数字用户线收发器将其转换为标准规定的增益调整系数；如果用户设置频段的增益调整系数没有超过标准规定，数字用户线收发器采用用户设置的增益调整系数。

本发明的第四种改进在于：该方法进一步包括：如果插值的子载波小于整个频段的最小子载波或大于整个频段的最大子载波，则超过部分的子载波的功率谱密度不被考虑在插值所得的功率谱密度以内。

本发明的第五种改进在于：该方法进一步包括：如果插值的子载波小于整个频段的最小子载波或大于整个频段的最大子载波，则超过部分的子载波的增益调整系数不被考虑在插值所得的增益调整系数以内。

本发明的第六种改进在于：该插值的方法是以用户设置频段的最小子载波为基准根据标准规定的增益调整系数，确定插值范围的最小子载波，在插值范围的最小子载波与用户设置频段的最小子载波之间进行插值。

本发明的第七种改进在于：该插值的方法是以用户设置频段的最大子载波为基准根据标准规定的增益调整系数，确定插值范围的最大子载波，在该插值范围的最大子载波与用户设置频段的最大子载波之间进行插值。

本发明的第八种改进在于：若该插值范围的最小子载波不是整数，则将其小数向下取整。

本发明的第九种改进在于：若该插值范围的最大子载波不是整数，则将其向上取整。

本发明的第十种改进在于：该插值的方法确定插值范围的最小子载波在整个频段的范围内，则该插值范围的最小子载波与整个频段的最小子载波之间的所有子载波的功率谱增益调整系数是1。

本发明的第十一种改进在于：该插值的方法确定插值范围的最大子载波在整个频段的范围内，则该插值范围的最大子载波与整个频段的最大子载波之间的所有子载波的功率谱增益调整系数是1。

本发明的第十二种改进在于：该插值的方法满足以下公式进行插值：

$$T_{SS_i} = 1 + \left(\frac{T_{SS_m} - 1}{m - p} \right) \times (i - p), p \leq i \leq m$$

其中， m 、 p 分别表示用户设置的最小子载波和插值范围的最小子载波， T_{SS_m} 是用户设置的最小子载波功率谱增益调整系数。

本发明的第十三种改进在于：该插值的方法满足以下公式进行插值：

$$Tss_i = Tss_n + \left(\frac{1 - Tss_n}{q - n} \right) \times (q - i), n \leq i \leq q$$

其中, n 、 q 分别表示用户设置的最大子载波和插值范围的最大子载波, Tss_m 、 Tss_n 是用户设置的最小和最大子载波功率谱增益调整系数。

本发明的第十四种改进在于: 该插值的方法满足以下公式进行插值:
 $PSD_i = Tss_i \times (X_i + jY_i)$, Tss_i 是子载波功率谱增益调整系数。

本发明的第十五种改进在于: 在信道发现及信道发现之前确定额定功率谱密度为缺省的功率谱密度。

本发明的第十六种改进在于: 在信道发现之后确定参考功率谱密度为缺省的功率谱密度。

本发明的第十七种改进在于: 该数字用户线收发器是 ADSL2 收发器。

本发明的第十八种改进在于: 该数字用户线收发器是 VDSL2 收发器。

本发明的第十九种改进在于: 该插值的方法在数字用户线收发器管理实体上完成。

采用本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的用户, 由于收发器本身能根据缺省的功率谱密度确定用户没有设置的频段, 用户仅需针对关心的有特殊要求的频段进行频谱整形设计, 而不用对整个频段进行设计, 因而简化了用户配置的工作量, 降低了难度, 更易于实现, 并且采用本发明能够更加充分利用标准规定的频率谱范围, 从而提高数字用户线的性能和速度。

附图说明

图 1 是一种远端模块的 ADSL2+ 传输信号对于局端的 ADSL 传输信号的串扰影响示意图。

图 2 是发送 PSD 整形功能降低图 1 中的串扰影响示意图。

图 3 是采用一种现有技术的发送功率谱密度整形方法得到的 MIB PSD 值效果示意图。

图 4 是采用另一种现有技术的发送功率谱密度整形方法得到的 MIB PSD 值效果示意图。

图 5 是举例说明本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的 MIB PSD 值效果示意图。

图 6 是本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的流程示意图。

图 7 是用户设置的起始子载波 m 太靠近整个频段的最小子载波 c 的 MIB PSD 值效果示意图。

图 8 是用户设置的终止子载波 n 太靠近最大子载波 d 的 MIB PSD 值效果示意图。

图 9 是用户设置的起始子载波 m 和终止子载波 n 太靠近整个频段的最小子载波 c 和最大子载波 d 的 MIB PSD 值效果示意图。

具体实施方式

以下结合附图和具体实施方式，进一步说明本发明。

在 ADSL2 中，对于每一种附件(Annex)各自定义了额定 PSD 值和参考 PSD 值，如果没有特殊要求，在信道发现(Channel Discovery)及信道发现之前使用额定 PSD 值，在信道发现之后使用参考 PSD 值。额定 PSD 值和参考 PSD 值都是用于限制数字用户线收发器发送功率谱密度，记为极限(limited) PSD 值。

本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的基本原理是：在整个规定的功率谱频段内，对于用户关注的需要特别设置的频段部分，采用用户设置的 PSD 值，在用户没有需要特别设置的频段部分，由数字用户线收发器根据具体情况选择标准中定义的缺省值，在整个频段的边界和用户关注的需要特别设置频段的边界之间采用插值的方法填充 PSD 值，从而得到整个频段的 MIB PSD 值设置。由于增益调整系数 T_{ss} 必须小于 1，因此如果用户设置的 MIB PSD 值超过标准规定的 PSD 值，数字用户线收发器自动将超过标准规定的用户配置的 MIB PSD 值转换为标准规定的 PSD 值。

参考图 5，是举例说明本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的 MIB PSD 值效果示意图。曲线 21 表示极限 PSD 值，曲线 22 表示用户最终希望得到的 PSD 值，曲线 23 表示用户经过设置及采用数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法实际得到的 PSD 值。横坐标 f 表示各个子载波值，纵坐标 PSD 表示各个子载波对应的功率谱密度。频段(m, n)的 PSD 值是用户设置的值。本发明的最终目的在于：对于用户没有设置的频段，在曲线 23 不超过曲线 21 的参考 PSD 值范围情况下，做到尽量接近曲线 22，从而充分利用允许的功率谱密度。

参考图 6，是本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的流程图示意图。

步骤 1: 检测用户设置的频段(m, n)的 PSD 值是否超出极限 PSD 值或者将该用户设置的频段(m, n)的 PSD 值转化为增益调整系数，检测该增益调整系数是否超过极限增益调整系数；

步骤 2: 若用户设置的频段(m, n)中部分频段的 PSD 值或者增益调整系数超出极限 PSD 值或者极限增益调整系数，将超出的部分频段的 PSD 值或者增益调整系数限定为极限 PSD 值或者极限增益调整系数，其它频段采用用户设置的 PSD 值或者用户设置的相应增益调整系数；

步骤 3: 若用户设置的频段(m, n)的 PSD 值或者相应增益调整系数没有超出极限 PSD 值或者极限增益调整系数，采用用户设置的 PSD 值或者相应增益调整系数；

步骤 4: 除用户设置的频段(m, n)外，对规定发送功率谱密度的整个频段范围内的其他频段[c, m]和[n, d]根据标准规定采用插值的方法，得出该其他频段的增益调整系数或者根据该其他频段的增益调整系数将其转化为 PSD 值；

步骤 5: 若插值点子载波值超出最小子载波 c 值或者最大子载波 d 值，保留收发器支持(c, d)频率范围内的插值，丢弃超出(c, d)频率范围的插值。

其中，步骤 S4 中插值的方法结合图 6 主要满足以下的基本公式：

$$T_{ss_i} = 1, \min \text{ index of subcarrier} \leq i \leq p, \text{ or, } q \leq i \leq \max \text{ index of subcarrier}$$

$$T_{ss_i} = 1 + \left(\frac{T_{ss_m} - 1}{m - p} \right) \times (i - p), p \leq i \leq m \quad (1)$$

$$T_{ss_i} = T_{ss_n} + \left(\frac{1 - T_{ss_n}}{q - n} \right) \times (q - i), n \leq i \leq q$$

$$PSD_{nom_i} = T_{ss_i} \times (X_{nom_i} + jY_{nom_i}) \quad (2)$$

$$PSD_{ref_i} = T_{ss_i} \times (X_{ref_i} + jY_{ref_i})$$

公式(1)中 min index of subcarrier和max index of subcarrier分别表示最小子载波和最大子载波，也就是标准规定起始和终止子载波号，记为Min Tone和Max Tone。图 6 中最小子载波和最大子载波分别是c和d。用户设置频段起始子载波m的PSD值一直到终止子载波n的PSD值，因此数字用户线收发器将其转化

为增益调整系数即斜率 T_{ss_i} , $m < i < n$, 并且为已知。数字用户线收发器以子载波 m 为基准根据标准规定的增益调整系数, 在曲线 21 上确定一个最小子载波 p ; 同时, 以子载波 n 为基准根据标准规定的增益调整系数, 在曲线 21 上确定一个最大子载波 q 。若该最小子载波 p 和最大子载波 q 不是整数, 则将 p 向下取整, 即取不大于该数的最大整数, 而将 q 向上取整, 即取不小于该数的最小整数以确定最小和最大子载波。对于位于频段 $[p, m]$ 以及频段 $[n, q]$ 内的所有子载波, 数字用户线收发器采用子载波插值法而得出斜率 T_{ss_i} , 频段 $[c, p]$ 以及频段 $[q, d]$ 的增益调整系数根据公式(1)得出为 1。从而得出满足标准规定的整个频段 $[c, d]$ 的增益调整系数。

另外, 将公式(1)得到的 T_{ss_i} 代入公式(2)中可得出满足标准规定的整个频段 $[c, d]$ 的 MIB PSD 值。

以 ADSL2+ 下行为例, 具体解释本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法采用上述公式而得到 MIB PSD 值。设额定功率谱密度为 $PSD_i = X_{ref_i} + jY_{ref_i}$, 参考功率谱密度 $PSD_{ref_i} = X_{ref_i} + jY_{ref_i}$, $i \in [32, 511]$, 用户设置的频段范围为 $m \sim n$ ($m, n \in [32, 511], m < n$), 其中, 整个频段 $[a, b]$ 的最小子载波 $c=32$, 最大子载波 $d=511$, 假设用户设置的子载波 $m=132$, 子载波 $n=311$, 数字用户线收发器根据 PSD 曲线的最大斜率限制计算得到的最小插值点子载波是 42.1 和 411.3, 则取 $p=42$, $q=412$ 。数字用户线收发器在信道发现阶段及信道发现之前的阶段, $32 \sim 42$ 的子载波的插值带以及 $412 \sim 511$ 子载波的插值带采用额定 PSD 值; 数字用户线收发器在信道发现之后的阶段, $32 \sim 42$ 的子载波插值带以及 $412 \sim 511$ 的子载波插值带采用参考 PSD 值或者是极限 PSD 值与参考 PSD 值之间的较小者。将最小插值点子载波 $p=42$ 和最大插值点子载波 $q=412$ 代入公式(1), 即可以得到 $T_{ss_i} = 1, i \in [32, p) \cup (q, 511]$, 然后将其结果代入公式(2)即可以得到频段 $(32, 42)$ 和频段 $(412, 511)$ 之间的 PSD 值为标准规定的 PSD 值。对于位于 $[42, 132]$ 以及 $[311, 412]$ 的所有子载波 i , 数字用户线收发器采用插值法得到相应子载波的 PSD 值, 而插值得到的曲线斜率 T_{ss_i} 代入公式(2)满足额定 PSD 值和参考 PSD 值的要求。根据插值结果, 曲线 23 中的 $[42, 132]$ 与曲线 22 中的相应频段斜率基本相同; 而曲线 23 中的 $[311, 412]$ 与曲线 22 中的相应频段因为标准对 PSD 曲线斜率的限制。

与现有技术相比,由于数字用户线收发器本身能根据缺省的功率谱密度确定用户没有设置的频段,用户仅需针对关心的有特殊要求的频段进行频谱整形设计,而不用对整个频段进行设计,因而简化用户配置的工作量,降低难度,更易于实现并且能够达到更加充分利用允许的功率谱密度,从而较大程度的提高数字用户线的线路速率。

但是,如果用户设置的起始子载波 m 和/或终止子载波 n 太靠近整个频段的最小子载波 c 和最大子载波 d ,以至于按照上述公式(1)计算的 p 和 q 已经超出最小子载波 c 和最大子载波 d 的范围,此时需要将最小子载波 c 和最大子载波 d 的 T_{ss} 值由 1 改为按照标准要求的最大斜率计算得到的值。

参考图 7,是本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法中用户设置的起始子载波 m 太靠近整个频段的最小子载波 c 的 MIB PSD 值效果示意图。曲线 31 表示极限 PSD 值,曲线 32 表示用户最终希望得到的 PSD 值,曲线 33 表示用户经过设置和采用数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法实际得到的 PSD 值。横坐标 f 表示各个子载波,纵坐标 PSD 表示各个子载波对应的功率谱密度的。

设额定功率谱密度为 $PSD_i = X_{ref_i} + jY_{ref_i}$, 参考功率谱密度为 $PSD_{ref_i} = X_{ref_i} + jY_{ref_i}, i \in [32, 511]$, 用户设置的频段范围为 $m \sim n (m, n \in [32, 511], m < n)$, 其中,整个频段($a \sim b$)的最小子载波 $c=32$, 最大子载波 $d=511$, 假设用户设置的子载波 $m=33$, 子载波 $n=311$, 数字用户线收发器根据 PSD 曲线的最大斜率限制计算得到最小插值点子载波 $p=22$, 最大插值点子载波 $q=411$ 。根据公式(1)即可以得到 $T_{ss_i} = 1, i \in [411, 511)$, 将其结果代入公式(1)即可以得到 $[411, 511]$ 的子载波之间的 PSD 值为标准规定的 PSD 值。对于位于 $[22, 33]$ 以及 $[311, 411]$ 之间的所有子载波 i , 数字用户线收发器采用插值法插入子载波,使得插值得到的曲线斜率 T_{ss_i} 代入公式(2)满足标准的 PSD 值要求。由于子载波 p 值低于最小的子载波 c 值,因此数字用户线收发器采用该斜率仅插值到子载波 32, 丢弃 $[22, 31]$ 的子载波的 PSD 值。由此可以得出:曲线 33 中的 $[311, 411]$ 与曲线 32 中的相应频段斜率基本相同;而曲线 33 中的 $[32, 33]$ 与曲线 32 中的相应频段斜率由于最小插值点子载波 p 低于整个频段最小子载波 c 而不一致。

参考图 8, 是本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法中用户设置的终止子载波 n 太靠近最大子载波 d 的 MIB PSD 值效果示意图。曲线 41 表示极限 PSD 值, 曲线 42 表示用户最终希望得到的 PSD 值, 曲线 43 表示用户经过设置及采用数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法实际得到的 PSD 值。横坐标 f 表示各个子载波值, 纵坐标 PSD 表示各个子载波值对应的功率谱密度。

设额定功率谱密度为 $PSD_i = Xref_i + jYref_i$, 参考功率谱密度为 $PSDref_i = Xref_i + jYref_i, i \in [32, 511]$, 用户设置的频段范围为 $m \sim n (m, n \in [32, 511], m < n)$, 其中, 整个频段($a \sim b$)的最小子载波 $c=32$, 最大子载波 $d=511$, 用户设置的子载波 $m=132$, 子载波 $n=500$, 数字用户线收发器根据 PSD 曲线的最大斜率限制计算得到的最小插值点子载波 $p=42$, 最大插值点子载波 $q=521$ 。根据公式(1)即可以得到 $Tss_i = 1, i \in [32, 42)$ 。对于位于频段 $[42, 132]$ 以及 $[500, 521]$ 之间的所有子载波 i , 数字用户线收发器采用插值法, 使得插值得到的曲线斜率 Tss_i 代入公式(2)满足标准的 PSD 值要求。由于子载波 q 值大于最大子载波 d 值, 基于上面同样的原因, 此时收发器采用该斜率仅插值到子载波 d 即可。由此可以得出曲线 43 中的 $[42, 132]$ 的子载波与曲线 42 中的相应频段斜率基本相同, 而曲线 43 中的 $[500, 511]$ 的子载波与曲线 32 中的相应频段斜率由于最大插值点 q 超出整个频段内最大子载波 d 而不一致。

参考图 9, 是本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法中用户设置的起始子载波 m 和终止子载波 n 太靠近整个频段的最小子载波 c 和最大子载波 d 的 MIB PSD 值效果示意图。

曲线 51 表示极限 PSD 值, 曲线 52 表示用户最终希望得到的 PSD 值, 曲线 53 表示用户经过设置及采用数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法实际得到的 PSD 值。横坐标 f 表示各个子载波值, 纵坐标 PSD 各个子载波值对应的功率谱密度。

设额定功率谱密度为 $PSD_i = Xref_i + jYref_i$, 参考功率谱密度为 $PSDref_i = Xref_i + jYref_i, i \in [32, 511], j = \sqrt{-1}$, 用户设置的频段范围为 $m \sim n (m, n \in [32, 511], m < n)$, 其中, 整个频段($a \sim b$)的最小子载波 $c=32$, 最大子载波 $d=511$, 用户设置的子载波 $m=33$, 子载波 $n=500$, 数字用户线收发器根

据标准计算的最小插值点子载波 $p=22$ ，最大插值点子载波 $q=521$ 。由于收发器的子载波数的范围是 32~511,因此插值后数字用户线收发器仅保留 32~511 之间插值结果而丢弃 [22, 31] 的子载波和[512, 521]的子载波的 PSD 值。由此可以得出：曲线 53 中的 [32, 33] 的子载波和 [500, 511]与曲线 52 中的相应频段斜率由于最小插值点 p 低于整个频段最小的子载波序号 c ，最大插值点 q 超出整个频段最大子载波 d 而不一致。

采用本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的用户，由于收发器本身能根据缺省的功率谱密度确定用户没有设置的频段，用户仅需针对关心的有特殊要求的频段进行频谱整形设计，而不用对整个频段进行设计，因而简化了用户配置的工作量，降低了难度，更易于实现，并且采用本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法能够更加充分利用标准规定的频率谱范围，从而提高数字用户线的性能和速度。

另外，本发明数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法的不仅仅可以在数字用户线收发器上完成，也可以在数字用户线收发器的管理实体上完成。

以上对本发明所提供的数字用户线收发器发送功率谱密度整形方法进行详细介绍，本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述，以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想；同时，对于本领域的一般技术人员，依据本发明的思想，在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处，综上所述，本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

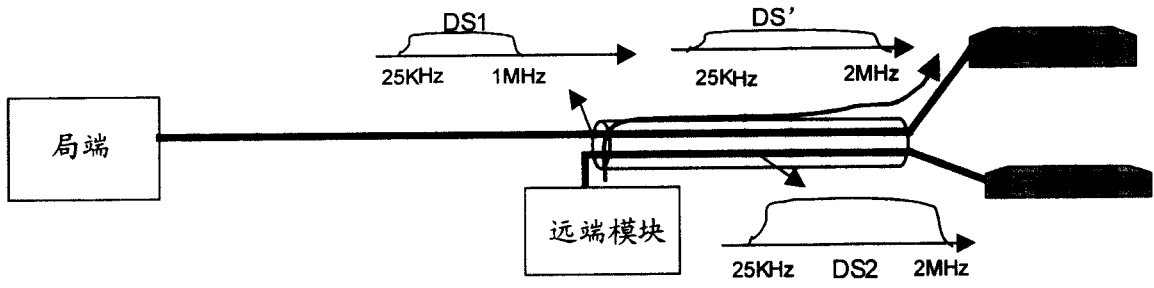


图 1

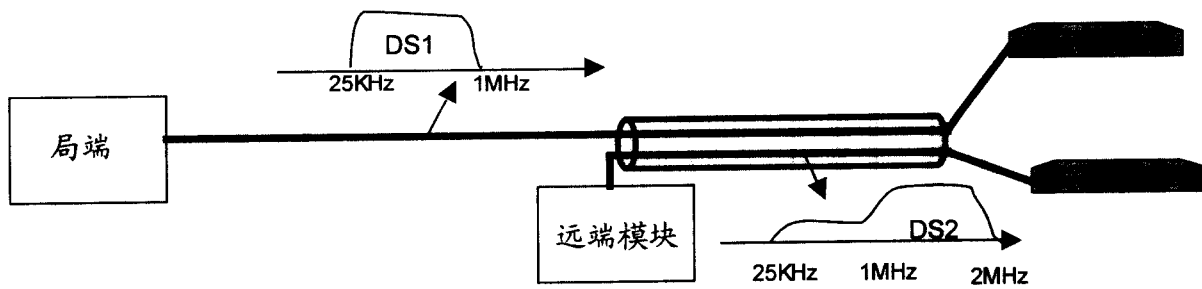


图 2

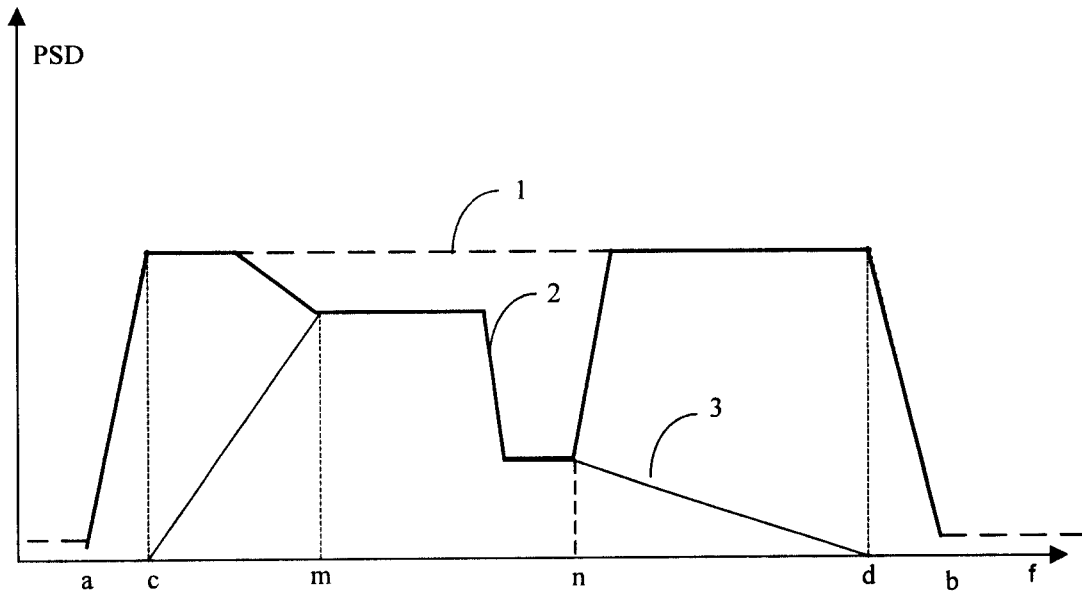


图 3

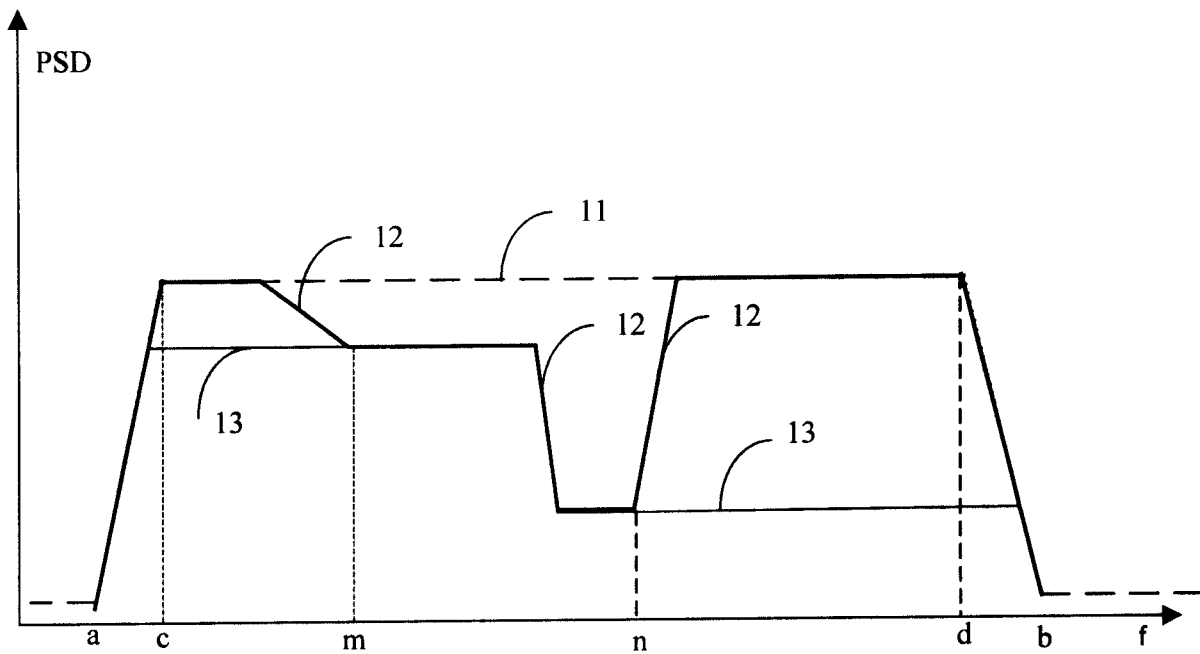


图 4

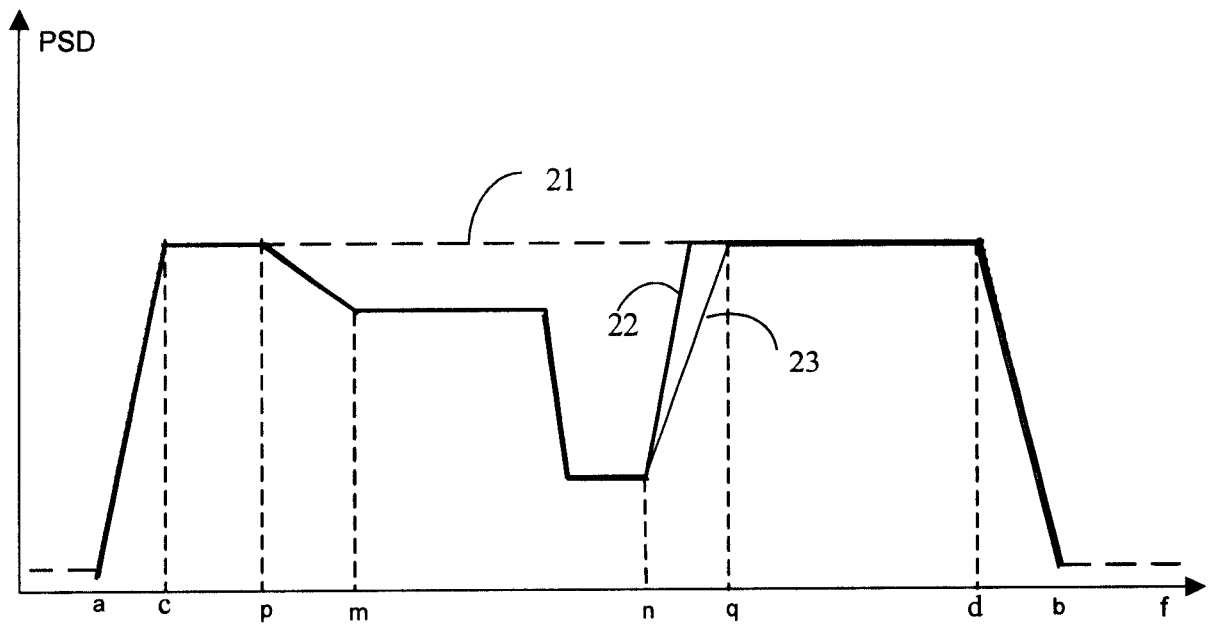


图 5

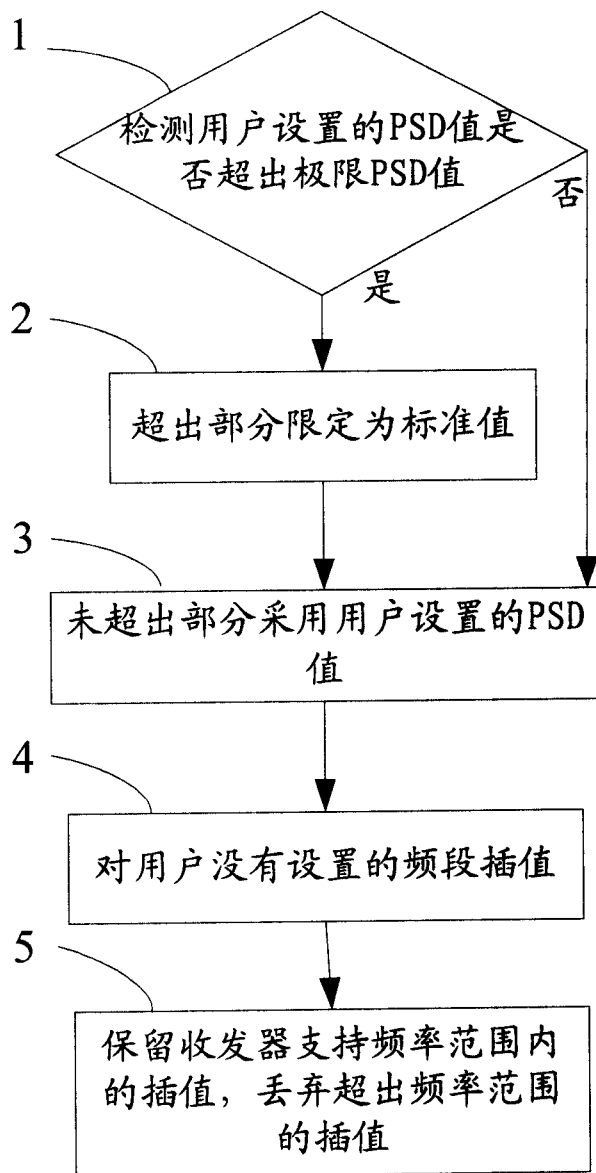


图 6

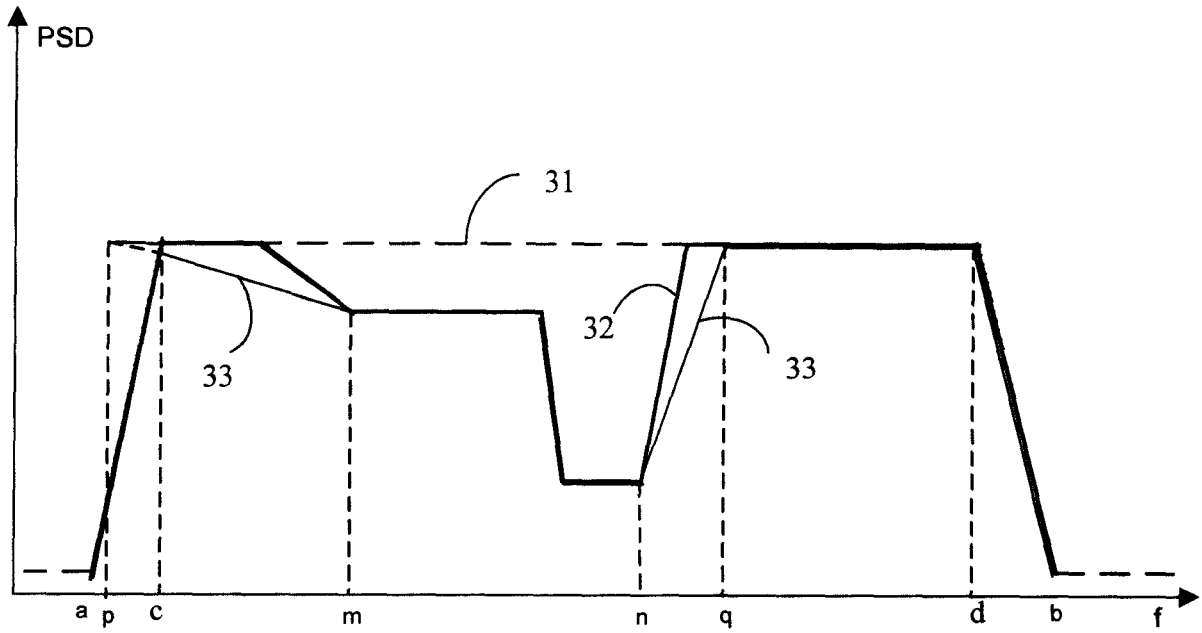


图 7

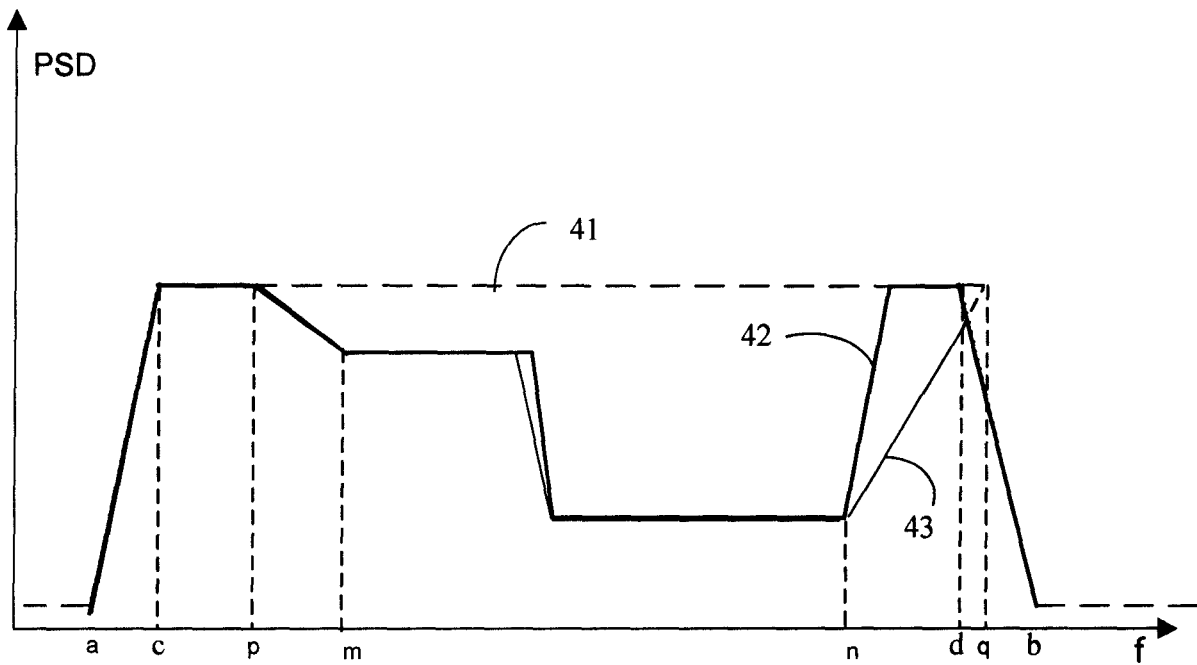


图 8

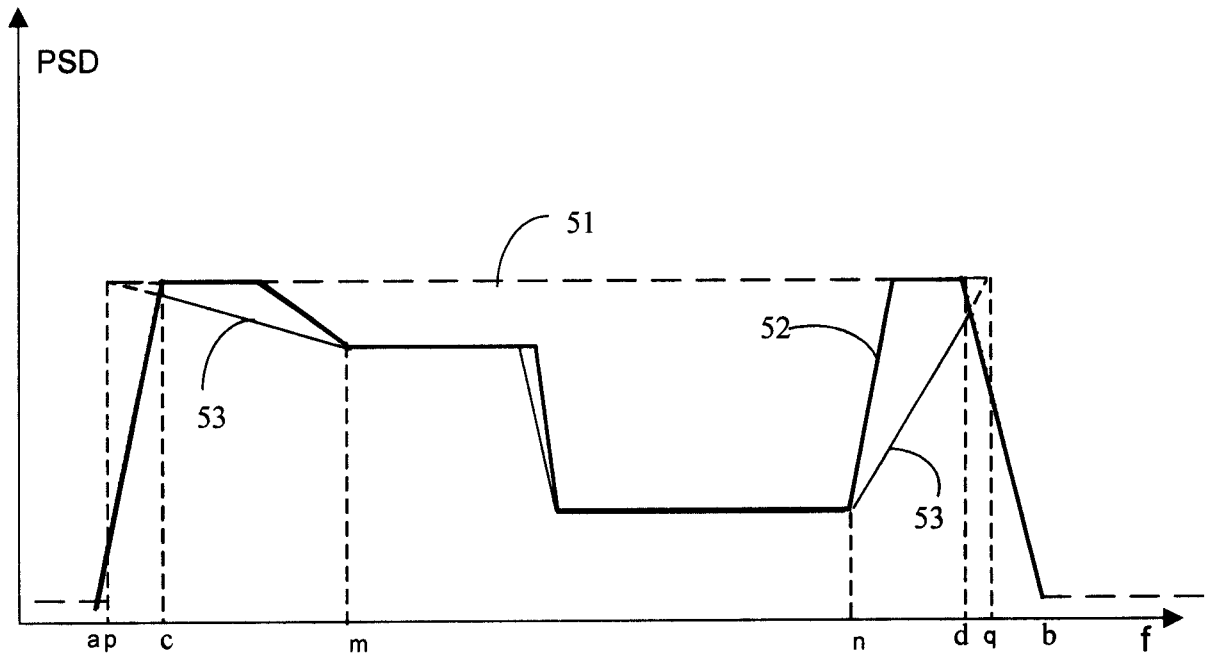


图 9