

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 3/46 (2006.01)

G01R 31/02 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02139968.9

[45] 授权公告日 2006年2月15日

[11] 授权公告号 CN 1242563C

[22] 申请日 2002.10.8 [21] 申请号 02139968.9

[30] 优先权

[32] 2001.10.3 [33] EP [31] 01402558.9

[71] 专利权人 阿尔卡塔尔公司

地址 法国巴黎

[72] 发明人 汤姆·波士顿 蒂里·波利特

审查员 刘路尧

[74] 专利代理机构 北京市中咨律师事务所

代理人 杨晓光

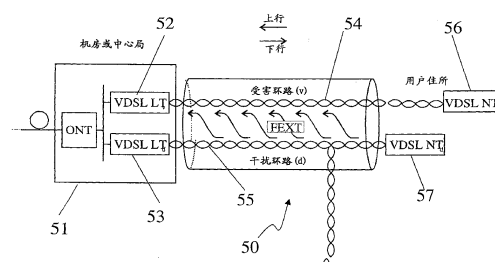
权利要求书 3 页 说明书 25 页 附图 10 页

[54] 发明名称

XDSL 上行功率补偿的方法

[57] 摘要

一种包括多个传输线路的网络的模拟方法和设备，该方法和系统适于测量第一传输线路的环路参数以提供测量的环路参数，通过参考不同拓扑的传输线路的多个模型的至少一个分析所测环路参数而确定第一传输线路的拓扑，根据所确定的拓扑选择估算串话干扰有关参数的进一步的模型，根据所确定的拓扑和所选择的进一步模型估算至少一个串话干扰有关参数。



1. 一种用于模拟包含多个传输线路的网络的方法,该方法包括:

测量传输线路的环路参数,以便提供所测量的环路参数,
通过参考不同拓扑的传输线路的多个模型的至少一个模型分析所测环路参数而确定传输线路的拓扑,

根据所确定的拓扑选择估算串话干扰相关参数的进一步模型,和

根据所确定的拓扑和所选择的进一步模型估算至少一个串话干扰相关参数。

2. 如权利要求1的方法,进一步包括根据所估算的串话干扰相关参数确定网络上发送器的发送功率频谱。

3. 如权利要求1的方法,其中串话干扰有关参数是远端串话干扰,近端串话干扰,外来-近端串话干扰,外来-远端串话干扰,等效远端串话干扰,等效近端串话干扰,本身近端串话干扰,本身远端串话干扰的至少一个的传递函数。

4. 如权利要求2的方法,其中串话干扰有关参数是远端串话干扰,近端串话干扰,外来-近端串话干扰,外来-远端串话干扰,等效远端串话干扰,等效近端串话干扰,本身近端串话干扰,本身远端串话干扰的至少一个的传递函数。

5. 如权利要求1至4中任一个的方法,其中测量步骤包括,通过在一个传输线路端口上输入一个激励信号,和在传输线路的另一个端口上测量所接收的信号,执行传输线路的两端口测量;有所接收的信号获得传输线路的传递函数;产生传输线路的两端口参数模型;通过减少所获得的传递函数和从至少一个模型计算的传递函数之间的差优化两端口参数模型的参数值。

6. 如权利要求1至4的任何一个的方法,其中测量步骤包括,

通过在网络的一个端口上输入激励信号并在该端口上记录结果进行网络的单端口测量；产生网络的单端口参数模型；通过减少测量结果和使用单端口参数模型和激励信号计算的结果之间的差优化单端口参数模型的参数值。

7. 如权利要求 5 的方法，其中测量步骤包括，通过在网络的一个端口上输入激励信号并在该端口上记录结果进行网络的单端口测量；产生网络的单端口参数模型；通过减少测量结果和使用单端口参数模型和激励信号计算的结果之间的差优化单端口参数模型的参数值。

8. 如权利要求 5 的方法，其中减少步骤是通过修改有关参数模型的参数值而最小化费用函数来执行的，费用函数是差的定量表示。

9. 如权利要求 6 的方法，其中减少步骤是通过修改有关参数模型的参数值而最小化费用函数来执行的，费用函数是差的定量表示。

10. 如权利要求 7 的方法，其中减少步骤是通过修改有关参数模型的参数值而最小化费用函数来执行的，费用函数是差的定量表示。

11. 如权利要求 5 的方法，进一步包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

12. 如权利要求 6 的方法，进一步包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

13. 如权利要求 7 的方法，进一步包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

14. 如权利要求 8 的方法，进一步包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

15. 如权利要求 9 的方法，进一步包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

16. 如权利要求 10 的方法，进一步包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

17. 一种用于模拟网络表示的方法，所述方法包括：

通过电信网络从邻近位置向远地计算机系统发送所述网络的描述，

在远地计算机系统上执行用于模拟包含多个传输线路的网络的方法，及

向邻近位置发送关于至少一个串话干扰相关参数的信息；

其中，所述用于模拟包含多个传输线路的网络的方法包括以下步骤：

测量传输线路的环路参数，以便提供所测量的环路参数，

通过参考不同拓扑的传输线路的多个模型的至少一个模型分析所测环路参数而确定传输线路的拓扑，

根据所确定的拓扑选择估算串话干扰相关参数的进一步模型，和

根据所确定的拓扑和所选择的进一步模型估算至少一个串话干扰相关参数。

XDSL 上行功率补偿的方法

技术领域

本发明涉及电信网络的模拟方法和电信网络本身，该电信网络具有多个传输线路，线路上具有以某种通信信道连接的接收器和发送器，该通信信道易受串话干扰。本发明对于预测和调节网络参数，例如传输功率，特别有用，特别用在 xDSL 网络中以及用于模拟这样的网络。

背景技术

缩写词 xDSL 表示数字用户线路技术系列，它使得能够通过本地回路快速访问互联网和多媒体服务，本地回路连接 CP(用户房屋)和 CO(中心局)，这是通过简单的双绞线电缆实现。CO 上的 xDSL 收发器可通过本地回路和 CP 上的 xDSL 收发器进行通信。

几十年来，本地回路是由两根绞合的铜导线构成的传输线路，也称作非屏蔽双绞线(UTP)，使用户得已访问 POTS(普通老式电话服务)。通过本地回路发送的 POTS 信号，是一个模拟量，它包含在直到 4KHz 的频带中，与话音频谱对应。

xDSL 利用 4KHz 以上直到几 MHz 的频带，这个频带不被 POTS 利用。不过，由于传统上本地回路被设计成音频传输，对于在这样高的频率下传输，就不能保证本地回路的质量。信号噪声比(SNR)，分别作为 CP 或 CO 接收器上频率的函数，分别对于下行传输(从 CO 到 CP)或上行传输(从 CP 到 CO)起作重要作用。在指定 CO 或 CP 上发送的信号的噪声 PSD(功率谱密度)的情况下，根据 CO 和 CP 之间的环路的传递函数和 CP 或 CO 上的 PSD，将 CP 或 CO 的接收器上的 SNR 分别确定成关于频率的函数。

$$C = \int_b^w \log_2 \left(1 + \frac{P(f)}{N(f)} \right) df \quad (1)$$

$$P(f) = |H(f)|^2 S(f) \quad (2)$$

通常，本地回路是由传输线路的网络组成的。网络中的每个线路是一个以其长度和类型为特征的 UTP。线型规定横截面的几何尺寸，例如导线的直径（也称做导线口径），并规定了材料的物理常数，例如分开 2 根铜导线的介质的介电常数。最常用的导线直径是 0.4mm，0.5mm，和 0.6mm。聚乙烯（PE）是最常用的绝缘体，但是其它材料也被使用，例如纸和 PVC。

本地回路的网络拓扑限于树结构。最简单的拓扑是单一线路。传递函数的大小反映线路的衰减，它随着频率的增加和线路的延长而变得更差。另一种对于长环路存在的拓扑是 2 个或多个线路串联布置，从 CO 到 CP 导线直径增加。对于这种拓扑，反射是由连接 2 根线路的拼接处上的导线直径的变化引起的。一种经常碰见的拓扑，特别是在美国，是具有 1, 2 或更多桥式抽头的环路。桥式抽头是一个拼接到主线路上的开端线路。对于这种拓扑，反射出现在连接桥式抽头到环路的拼接处和桥式抽头的开端。反射对于传递函数有负影响，因为它干扰了信号沿直线通路传播。对于干扰对其是有害的那些频率，传递函数的幅值是减小的。这种减小在音频中是很少见的，因为桥式抽头通常不很长。

由于组成本地回路的双绞线是非屏蔽的，外部电磁波就可能耦合到环路中并朝 CO 和 CP 传播，在接收器中产生噪声。电磁波耦合被 2 根导线的绞合减小，因为双绞线的相邻线段经受的电磁波极性相反。此外，绞合改进了线路的平衡。当 2 根导体具有相同的对地阻抗时线路是平衡的。线路平衡防止了共模信号转化成差模信号。在共模信号情况下，2 根导线载有相等的电流，电流的返回通路是大地。对于差模信号，2 根导线运载相反的电流（不同相），因为绞合不良，电磁波可能耦合到线路上，它产生的共模信号因为不良平衡可能转化成差模信号，这都与绞合有关，平衡随着频率增加而减弱。

噪声根据耦合到环路的外部电磁波的由来可分为两种不同类型。第一种噪声是串话干扰，它是在同一电缆中双绞线之间或电缆之间的电磁耦合。从 CO 分出的电缆包括几千个双绞线。越接近 CP，在一个电缆中出现的双绞线越少。在近端串话干扰（NEXT）和远端串话干扰（FEXT）之间产生差别。在 CO 或 CP 上的发送器是 CO 或 CP 近端接收器的 NEXT 的信号源，也是 CP 或 CO 上远端接收器的 FEXT 的信号源。一般来说，随着频率增加串话干扰变得更坏。

第二种噪声是无线电干扰（RFI），它是由耦合到本地回路上的无线电波产生的，它起一个天线作用，特别是如果有一个架空线路的话。在 xDSL 频带中无

线电波有两个主要来源，即 AM 无线电和业余无线电。

因此，本地回路在 xDSL 频带中具有几种传输质量降低的情况，它们对于音频传输是不存在的。

在传输线路的端口处计算或估算 FEXT 的各种建议已经被提出。

- 5 T1. 413 [ANSI, 1995] 的方法假定所有的环路是对称的，即接收器可以被发送器代替，反之亦然。这可能是不合理的，因为：

a) 未必测试环路和干扰环路具有相同的拓扑，即具有相同的桥式抽头数目。桥式抽头仅存在于测试环路中将减少性能，桥式抽头仅存在于干扰环路中将改进性能。

- 10 b) 由于大多数桥式抽头接近 CP 更甚于接近 CO，这在上行方向中是最重要的。不是所有 CP 都是相同距离。在 CO 中短电缆对长电缆将有严重影响。

在 1980 年早期，串话干扰的几十万种测量被进行，主要是在 50 对缆心上进行，所述缆心被用于 T1 和 T2 信号的相互交换传输。这些测量包括对到对的测量和对到一的测量。从这些测量中，累积概率密度函数被绘出，并且某些最坏情况的概率被估算。这种分析产生各种经验公式，它们被假定是提供了合理的估算。不过，这样的经验公式是不令人满意的，特别是系统被认为和得出经验结果的系统有很大差别的时候。同时，当应用 xDSL 于传统网络时，环路的拓扑经常是不知道的，从而不能估计使用的模型是否合适。

上行功率补偿 (UPBO) 保证在同一电缆包扎物中工作的长的和短的环路之间频谱的兼容性。UPBO 是一个方法，通过它，在短干扰线路上的发送器产生的上行功率谱密度 (PSD_{transmit}) 被控制，以便限制过量的串话干扰到邻近的线路。在受害环路的线路终结器上测得的串话干扰影响受害环路的比特率性能。UPBO 的当前方法是以估计环路的长度为基础的。电长度是通过比较所考虑的环路的衰减量和参考环路的衰减量而获得的。这个参考环路是由单一线路线段构成的。

25 PSD_{transmit} 是通过 $PSD_{\text{ref}} / |TF|$ 确定的，其中，TF 是干扰环路的传递函数，该函数是关于这个环路的电长度的函数。这个方法仅对于单一线段环路有用，即没有桥式抽头，没有混合导线直径，也没有不良的终结。特别是，桥式抽头可能引起不良性能，如上所述。

本发明的目的是提供传输线路组合的上行补偿的方法和设备，它们比传统的方法和设备更精确和/或更有灵活性。

30

本发明的另一个目的是提供一种用于在传输线路中模拟串话干扰有关参数的方法和设备，它比传统的方法和设备更精确和/或更具有灵活性。

发明内容

本发明的一个方面可被描述成用于模拟包括多个传输线路的网络的方法和
5 设备，该方法和设备适合于测量传输线路的环路参数以提供测量环路参数，通过参考不同拓扑的传输线路的多个模型中的至少一个分析所测环路参数而确定第一传输线路的拓扑，根据所确定的拓扑选择估算串话干扰相关参数的进一步模型，根据所确定的拓扑和所选择的进一步模型估算至少一个串话干扰相关参数。该方法包括根据估算串话干扰相关参数确定网络上发送器的发送功率频谱。
10 串话干扰相关参数可能是 FEXT、NEXT、外来 NEXT、外来 FEXT、EL-FEXT、EL-NEXT、本身 NEXT、本身 FEXT 的中至少一个传递函数。

测量步骤可以包含在传输线路的一个端口输入一个激励信号并在传输线路的另一个端口测量接收信号，执行传输线路的两端口测量；从接收信号导出一个传输线路的传递函数；产生传输线路的两端口参数模型；通过减少所导出的
15 传递函数和从至少一个模型计算的传递函数之间的差使两端口参数模型的值优化。另一方面，测量步骤可以包括执行在网络上的单端口测量，即在网络的一个端口上输入激励信号并在该端口上记录结果；产生网络的单端口参数模型；通过减少测量步骤的结果和使用单端口参数模型和激励信号的计算结果之间的差而使单端口参数模型的值优化。通过修改有关参数模型的值把
20 费用函数减小到最小值而执行减少步骤，费用函数代表差的数量表示。该方法可以包括确定作为优化步骤输出的传输线路长度的步骤。

在本发明的另一个方面，估算至少一个传输线路的端对端传递函数是根据其一个终结位置或两个或更多位置上的测量进行的。本发明包括传输线路的特征，即使它的长度和拓扑是未知的。这个特征可被用于预测线路的传递函数。
25 另一方面，传递函数可以通过使用传输线路每端上的调制解调器发出的音调被直接测出。为了表征传输线路，一个激励信号产生在一个或多个终结位置上，即在本地回路的中心局端上，依据这个方法可以获得传递函数。对于单端口测量方法，一个响应信号在产生激励信号的同一位置上被测量。这个激励信号对应于入射波而这个响应信号对应于反射波。后者也称做反射图。这个测量过程
30 被称为反射测量（时域反射测量，或 TDR，如果信号是在时域中被测量的话）。

反射波和入射波的比值被定义为散射参数 S_{11} (在单端口的情况下也称做反射系数)。所以一定传输线路的散射参数 S_{11} 描述这个线路如何通过反射波作出响应, 如果它被某个入射波激励的话。两端口线路的完整模型由 4 个散射参数 S_{11} , S_{21} , S_{12} 和 S_{22} 组成。传递函数与散射参数 S_{21} 有关。

- 5 传输环路, 例如本地回路通常由传输线网络组成, 该传输线连接用户地点到中心局。网络拓扑限于树结构。网络中的每根线是以其长度和类型为特征。线的类型规定了横截面的几何尺寸和材料的常数。

如果采用两端口测量, 则激励信号分别进入传输线路的每端, 接收信号在另一端上被测出。

- 10 上述方法可以包括一个通过以下操作减少测量值 (两个端口或一个端口) 和模型之间差值的步骤:

将所述差值量化为一个费用函数; 和

通过修改上述频域参数模型的参数值反复使上述费用函数减到最小值。费用函数可能是最大似然估算器或贝叶斯估算器。

- 15 上述方法的任何一个的输出可能是以下内空至少一个:

- 消息, 其表示至少一个传输线路不能针对参数模型或例如 FEXT 的串话干扰参数模型, 在预定精确度内被模拟;

- 在发送器上的必要的功率补偿;

- 在接收器上的 PSD 或在发送器的 PSD。

- 20 在上述方法中, 至少一个传输线路可以是接入网络的本地回路。

- 本发明还可以提供一个模拟网络的系统, 它包括: 测量第一传输线路的环路参数以提供测量环路参数的装置, 通过参考不同拓扑的多个传输线路模型中的至少一个模型分析所测环路参数而确定第一传输线路的拓扑的装置, 根据所确定的拓扑选择用于估计串话干扰有关参数的进一步的模型的装置, 根据所确定的拓扑和所选择的进一步模型估计至少一个串话干扰有关参数的装置。该系统可以包括根据所估计的串话干扰有关参数确定网络上发送器发送功率频谱的装置。串话干扰有关参数可以是 FEXT、NEXT、外来-NEXT、外来-FEXT、EL-FEXT、EL-NEXT、本身-NEXT、本身-FEXT 中的至少一个的传递函数。测量装置可以包括实行传输线路两端口测量的装置, 即在传输线路的一个端口上输入激励信号, 而在传输线路的另一个端口上测量接收信号, 它还包括从接收信号导出一个传
- 25
- 30

输线路传递函数的装置；产生传输线路两端口参数模型的装置；通过减少在所导出的传递函数和从至少一个模型计算的传递函数之间的差值而估计两端口参数模型的参数值的装置。测量装置可以包括在网络上实行单端口测量的装置，即在网络的一个端口上输入激励信号，并在该端口上记录结果；它进一步包括：

5 产生网络的单端口参数模型的装置；通过减少测量步骤的结果和用单端口参数模型和激励信号计算的结果之间的差值而估计单端口参数模型的参数值的装置。估算装置可以包括，通过修改有关参数模型的参数值使费用函数最小化而减少差值的装置，费用函数是差值的定量化表示。估算装置可以包括确定传输线路长度的装置。

10 在上述系统中可以包括处理装置，它包括估算至少一个传输线路的传递函数的装置。

在上述系统中，减小差值装置可以包括：

将上述差值量化为一个费用函数的装置；

通过修改上述频域参数模型的参数值反复使上述费用函数最小化的装置。

15 上述系统可消息包括输出至少下列之一的装置：

消息，其表示至少一个传输线路不能在预定精度内被模拟；

在发送器上设置的功率补偿；

在接收器上的 PSD。

在上述系统中至少一个传输线可以是接入网络的本地回路。

20 上述用于模拟的系统可以包括在电信网络的中央局系统中。

本发明还包括一个数据载体介质，它载有一个或多个计算机可读代码段，该代码段同于控制处理装置去执行本发明的方法。

本发明还包括一个计算机程序产品，用于在计算机系统中执行本发明的任何方法。

25 本发明还包括一个模拟网络表示的方法，所述方法包括：

从附近位置通过电信网络发送网络描述到远程计算机系统，

在远程计算机系统上执行本发明的任一方法，和

在网络上发送与串话干扰有关的附近位置信息。

现在将参照附图描述本发明。

30 附图说明

图 1 是单环路的一个传输线路模型。

图 2 示出了一个桥式抽头环路的传输线路模型。

图 3 是两个串联线路的环路的传输线路模型。

图 4 是使用本发明单线路实施例的散射参数 S_{11} -频率关系曲线的测量和估算值。

图 5 是使用本发明单线路实施例的传递函数 H -频率关系曲线的测量和估算值。

图 6 是使用本发明两个串联线路的实施例的散射参数 S_{11} -频率关系曲线的测量和估算值。

图 7 是使用本发明两个串联线路实施例的传递函数 H -频率关系曲线的测量和估算值。

图 8 是使用本发明桥式抽头线路实施例的散射参数 S_{11} -频率的测量和估算值。

图 9 是使用本发明桥式抽头线路实施例的传递函数 H -频率关系曲线的测量和估算值。

图 10 是本发明使用的计算机设备的示意图。

图 11 是本发明实施例的方法流程的示意图。

图 12 是使用本发明单线路的实施例的传递函数 TF -频率特性曲线的测量和估算值。

图 13 是使用本发明桥式抽头线路实施例的传递函数 TF -频率关系曲线的测量和估算值。

图 14 是示出受害线路上来自干扰线路的 FEXT 干扰的示意图。

图 15 是包括受害和干扰环路的网络的一部分的示意图。

具体实施方式

本发明将参考实施例和附图进行描述，但是本发明不限于此，而只受权利要求的限制。在下面本发明的实施例中，将通过有限数量的网络拓扑的详细参数模型进行描述，但这不限制本发明的适用范围。本领域技术人员可以理解，一旦本发明的原理被理解，本发明可以扩展到其它拓扑和其它材料。所有附加的拓扑都包括在本发明的范围之内。同时，在描述中，一个双绞线传输线路模型被给出。不过本发明不限于这个模型，不限于双绞线电缆作为传输线路。本

发明的应用不限于这个方面，它可以用于对称或不对称线路，例如同轴电缆，光导纤维等等，即使在一般两端口网络情况中也能应用。再者，本发明将主要参考 FEXT 进行描述，但本发明不限于此，它还可以被用于其它形式的串话干扰，例如，NEXT，外来-NEXT（受外部网络电磁干扰影响），外来-FEXT，EL-FEXT，
5 EL-NEXT，本身-NEXT，本身-FEXT。xDSL 的一般参考书是“ADSL，VDSL Multicarrier modulation,” John Bingham, Wiley 著，2000 年。

下面的参考资料对理解本发明可能有用。

[1] P. Boets, “根据时域测量的传输线路的频域识别 (Frequency Domain Identification of Transmission Lines from Time Domain Measurements)”
10 Ph-D. Thesis, Vrije Universiteit Brussel, Dept. ELEC, Pleinlaan 2, 1050 Brussels, 1997 年 6 月。这个文件被全文引入作为参考。

[2] P. Boets, M. Zekri, L. Van Biesen, T. Bostoen 和 T. Pollet, “关于金属接入网络电缆的识别 (On the Identification of Cables for Metallic Access Networks),” in Proc. IMTC, 2001, 被全文引入作为参考。

15 [3] D. M. Pozar, 微波工程 (Microwave Engineering), 2nd ed. 纽约: John Wiley & Sons, 1998.

T. Starr, J.M. Cioffi 和 P.J. Silverman, 理解数字用户专用线技术 (Understanding Digital Subscriber Line Technology).

本发明可以概述如下。进行通信网络的传输环路的一种或多种测量。这些
20 测量与预先规定的环路拓扑的一个或多个参数模型进行比较。每个拓扑模型的参数被优化以便最好地匹配测量结果。这种优化可以通过使费用函数最小化或最大化而实现。由这个分析，最优匹配拓扑被确定了，即，所选择的拓扑与测量结果的最优匹配模型相对应。从参数模型得到的参数被供给作为最优匹配拓扑的同一拓扑的参数串话干扰模型。这个串话干扰模型被用于获取网络的串话
25 干扰有关的参数，即 FEXT、NEXT、本身-FEXT、本身-NEXT、外来-NEXT、外来-FEXT、EL-FEXT 或 EL-NEXT，在接收器上的一个 PSD 以及一个功率补偿，以获得在接收器上的某个 PSD。上述方法中的一个步骤是获取环路的传递函数。根据本发明的各个实施例，所述传递函数可以通过两端口或在端口上测量可以获得。

30 1. 用于获得传递函数的单端口方法

根据本发明的实施例，给出一个规定的或假定的网络拓扑，网络的散射参数 S_{11} 的单端口参数模型可以从网络的单独线路段的模型导出，或根据假定模型导出。在散射参数 S_{11} 模型中，各个线路的参数表现为可独立识别的参数。这样能够仅通过测量散射参数 S_{11} 来完全模拟环路。必须通过进一步的优化程序估算
5 未知参数。优化参数被用于网络的两端口模型以便进一步分析网络。

因此，网络中的每一线路完全以参数模型为特征，参数模型由特征阻抗，和作为关于频率和若干未知参数的函数的线路传递函数组成。几个线路模型被获得。根据电磁理论的模型是线路特征最有用的东西之一。这个模型基于 4 个基本传输线路参数，它们是电阻，电感，电导和电容，它们是关于频率和一些
10 涉及横截面几何尺寸和材料常数的参数的函数。后面的参数被认为是未知参数。下面，将假定传输线路包括双绞线电缆。对于其它电缆类型，可以选择等效模型。对于双绞线电缆，电磁模型假定本地回路的导线包括 2 个圆柱型导体，它们有相同的直径，浸入均匀电介质。它可供趋肤效应和逼近效应之用（直到傅里叶级数解中的 2 项）。它包含 5 个可独立识别参数，它们与双绞线电缆元件的
15 横截面几何尺寸和材料常数有关。在这个模型中电介质的介电常数被认为与频率无关，电导被忽略，它是很好地近似于聚乙烯（PE）。这个线路模型将被称为 VUB1。

根据本发明，参数估算是环路特征的重要部分。根据本发明的实施例，在环路测量值和同一环路的模型值之间的差值，通过适当地选择/确定未知参数而被减小。例如，一个费用函数可以被引入，它使在测量值（反射图）和作为模型参数的函数的环路散射参数 S_{11} 模拟的结果之间的偏差定量化。为了使模型能够尽可能好地与所测数值相匹配，费用函数被最小化为模型参数的函数。对应于这个最小值的模型参数值是估算的参数值。估算参数变化的下限可以通过合适的方法给出，例如通过 Cramer-Rao 下限给出。费用函数也称为估算器，因为
20 它完全确定参数估算。可以得到几个估算器。最大似然估算器（MLE）是优选的，因为它在一定噪声假定下是一致的，渐近无偏的，渐近正常分配的，和渐近有效的。此外它是健壮的。它有这样好的性质，是因为它在测量中考虑到噪声。当然这意味着噪声必须被测量。这个特征提取一般地是在频域中和时域的测量中进行，但是本发明不限于此。测量和特征提取可以在任一时域或频域中进行。
30 作为模型参数的函数的费用函数的最小值是通过优化算法的方法找到的。

一般, 优化算法是重复的。有几个已知的优化程序被使用。Levenberg-Marquardt (LM) 方法是优选的。它把 Gauss-Newton 和梯度下降过程组合在一起。Gauss-Newton 方法是很快速的, 因为它使用了二阶导数, 但它不总是收敛的。收敛问题在 Levenberg-Marquardt 算法中通过附加的梯度下降法解决了。

- 5 Levenberg-Marquardt 算法只研究局部最小值。为了寻找全局最小值, 模型参数的初值最好选得足够接近精确值, 它对应于费用函数的全局最小值, 从而优化不会陷入局部最小值中。由于估算参数是对所有单独线路获得的, 环路就完全被模拟了并且估算的传递函数可以被计算。

根据本发明的实施例, 合适的优化是基于散射参数 S_{11} 的测量, MLE 费用函数和 LM 优化算法。散射参数 S_{11} 模型取决于网络拓扑和单独线路段的模型。对于每个不同的网络拓扑和线路模型有不同的散射参数 S_{11} 模型。这个模型必须被计算。可独立识别的参数必须被确定。模型相对它的参数的导数必须被计算, 因为它们对于 LM 优化算法中的 Jacobian 是必需的。

这对于 3 个不同环路拓扑做出解释: 单线路, 2 个线路的串联和具有 1 个
15 分支的环路, 该分支也称桥式抽头, 但是本领域技术人员在理解本发明可以扩展到其它拓扑以后将会理解。对于所有这些环路拓扑, 假定环路在用户地点是开路, 这相当近似于一个挂机状态的电话机。对于具有桥式抽头的环路, 一个附加的假设是, 所有单独线路是同一类型。这三种环路拓扑的选择包括了环路中反射的所有不同原因: 发生器阻抗和连于它的线路的特征阻抗之间失配, 负载阻抗和连于它的线路的特征阻抗之间失配, 具有不同特征阻抗彼此相连的两
20 根线路之间失配, 和由于分支连接而引起失配。

当环路的拓扑是未知的, 本发明的一个实施例的另一方法是对串联的已知拓扑的每一个进行试验, 并通过与反射图比较使每个拓扑的未知参数优化。最匹配反射图的那个拓扑可以被看作是计算网络容量最匹配的拓扑。

25 本发明的基本方法将参照图 11 进行描述。首先, 一个单端口参数模型 2, 它具有有限个系数, 这些需要估算值的系数是根据网络的实际的或假定的拓扑 3 在网络的步骤 1 中产生的。然后, 单端口测量 4 在将被分析的网络的步骤 5 中被执行。例如, 散射参数 S_{11} 的测量可以被执行, 但本发明不限于此, 输入阻抗 Z_{in} 同样可以被使用。这个测量在步骤 7 中被用于进行网络单端口模型 6 的参数优化。然后按照每个线路段的传输线路模型, 这些估算的参数 9 可以被包括
30

在接入网络的两端口参数模型 10 中,以便在步骤 8 中计算所估算的传递函数 H 。为了证实,只有这端对端的传递函数可以用测量的传递函数(见后面)和通过传递函数测量直接估算的传递函数证实,不过这只是对于证实而言。

本发明不限于电话网络的接入网络,它可以被用于具有发送器-介质-接收器结构的任何用于传输的介质。为了识别介质,在发送器或接收器侧的单端口测量可以被进行,并且这些可用于介质的参数单端口模型的优化。参数模型最好有一组限定参数。传输介质模型的参数被优化,然后用于确定网络的两端口模型。传输介质可以是适合于通信系统的任何一种,即双绞线线路网络,同轴线路,光导纤维,移动通信网络的空中接口。

10 1.1 模型

根据本发明的实施例,一个传输线路或传输线路的网络或组合通过具有待定的有限数量的系数的参数模型而被模拟,这些系数的例子是每个基本传输线路或初级传输线路的 5 个系数 a_1 到 a_5 。这样一个初级传输线路可以包括一个双绞线电缆,例如是,传统上用于公共电话系统的本地回路的双绞线电缆,或在局域网络上的两个网络设备之间的双绞线连接。为了作一个传输线路的网络的模型,每个初级传输线路用上述参数模型表示,即通过一组独立的参数模型模拟的网络,每个初级传输线路有一个模型并且每个模型具有有限个待定系数。某些系数(例如 a_1 到 a_5)可以根据有关传输线路的特征,即形成传输线路的连接电缆中使用的材料的物理常数通过计算初始值而被估算。另一些系数可以被选择,例如 a_6 ,不过如果这些系数的确定能够带来接近优化的初始模型的话,该参数是最优的。知道网络的实际拓扑或知道网络可能有的有限数量的拓扑就可以建立参数模型。

在下一步骤中,网络的反射图从一个入口点或网络的“端口”被实验测量。为了记录反射图,一个合适的测试波或脉冲在有关的端口输入,并在该端口处测量反射波。这个反射图最好以这样方式储存,即使反射图在数字计算设备中处理,通过使用模拟-数字转换器反射图可以被转换成数字信号。在下一步骤中,参数模型的有限个系数被优化,从而给出模拟的网络特征和反射图之间的一个接近(或至少比初始值更接近地配合)。这个比较可以在时域或频域中进行。在下面只描述在频域中的比较。例如优化程序可以被用于优化参数模型的系数。

30 优化可以对费用函数进行。即在反射图和通过参数模型预测的结果之间匹配的

优度(例如一个差值), 可以用一个定量值表示, 系数可以参考这个值被优化。例如, 当有优良匹配时候, 这个值根据所选值是大或小而可以被最大化或最小化。

优化的一个问题是程序可能在局部最小值或最大值上停止而不是停止在一个绝对最大或最小值上。为了减少这个问题出现的频次, 本发明使用拟真的网络模型, 使得在参数模型的至少某些系数和网络的物理常数之间有某些相关性。通过这种方法, 至少某些参数的初值应该接近它们最后的优化值, 因此, 优化程序落入局部最小值中的机会就少了。和完全启发式的或实用主义的模型比较, 这是本发明的重要优点, 对于那些启发式的或实用主义的模型, 初始值不能由网络材料和拓扑可靠计算。

最后, 优化参数可以被用在网络的两端口参数模型中, 以确定串话干扰有关参数, 如上所述。

在下面, 用于电话系统的本地回路的有用拓扑的无限数量的模型将被描述。

A. 非屏蔽的双绞线(UTP)传输线路的传递函数H和特征阻抗 Z_0

下面等式可以用于描述本发明实施例的非屏蔽双绞线传输线路的基本参数模型。基本参数模型将被用于构成复杂的网络模型, 它可以通过基本参数模型的组合加以描述。

$$\gamma = \sqrt{z_s y_p} l^2 = \sqrt{a_4 s^2 + a_1 s \sqrt{-s} \frac{J_0}{J_1} + \frac{a_1 a_3}{2} s^2 \Psi} \quad (3)$$

它表示线路的传播常数乘以其长度。

$$\Psi = \frac{3a_2^3 J_3 J_2 + 2a_2 J_1 J_2 + a_2^2 J_0 J_3}{a_2^3 J_2 J_3 + a_2 J_1 J_2 + 3a_2^2 J_0 J_3 + J_0 J_1} \quad (4)$$

它规定了用于计算的一个辅助函数。

$$J_i = J_i(a_3 \sqrt{-s}), \quad i=0, 1, 2, 3 \quad (J=\text{Bessel 函数}) \quad (5)$$

$$H = e^{-\gamma} \quad (6)$$

它表示一个初级传输线路段的传递函数

$$y_p l = a_5 s \quad (7)$$

其中 y_p 表示传输线路的并联单位长度导纳

$$Z_0 = \frac{\eta}{y_p l} \quad (8)$$

其中 Z_0 表示线路的特征阻抗

在这个模型中针对测量反射图有 5 个系数需要优化。待定系数 (a_1 至 a_5) 可根据下式给出初始值:

10

$$a_1 = \frac{1}{a\pi} \sqrt{\frac{\mu}{\sigma} Cl^2} \quad (9)$$

15

$$a_2 = \left(\frac{a}{D}\right)^2 \quad (10)$$

$$a_3 = a\sqrt{\mu\sigma} \quad (11)$$

$$a_4 = \frac{a_1 a_3}{\ln(1/\sqrt{a_2})}$$

20 a_4 的初始值最好作为 a_1 , a_2 和 a_3 的初始值的组合被选择, 如对比文件 1 中所述, 这里它被引入作为参考。

$$a_5 = Cl \quad (12)$$

25 通过引入参数 a_4 , 就不应依靠参数的物理意义。不过参数的初始值仍最好具有上述公式预测的数量级, 使得参数模型优化更可能确定一个绝对最小值和非局部最小值。

双绞线传输线路模型是以电磁理论为基础的, 所以它是物理的白箱模型(相反是黑箱), 它包含尽可能多的先验知识。模型包括趋肤效应和接近效应(直到
30 级数解的 2 项), 它被认为是适合于双绞线电缆的本发明操作的最好模型。不过,

本发明不限于这种方法。

B. 接入网络的散射参数 S_{11} 和传递函数 H

下面参照有限个有用网络拓扑描述基本参数模型的使用。

1) 单一线路

- 5 图 1 描写了一个由单一线路组成的接入网络的等效电路。基本参数模型的 5 个参数 a_1, a_2, a_3, a_4, a_5 的初始值需要确定和然后估算。建模的目的是要获得 S_{11} (单端口模型, 用于参数估算) 和 H , 传递函数 (两端口模型, 负载量估算和确认的需要) 的表达式。

$$10 \quad \rho_g = \frac{Z_g - Z_{01}}{Z_g + Z_{01}} \quad (13)$$

$$\rho_l = \frac{Z_l - Z_0}{Z_l + Z_0} \quad (14)$$

$$15 \quad V_i^\pm = \frac{V_i \pm Z_{ref} I_i}{2} \text{ with } i=1,2 \quad (15)$$

把传输线路作为一个单一端口来处理, 结果:

$Z_l = \infty$, $\rho_l = 1$, (假定传输线路的开路端, 即在本地回路的用户住宅)

$$Z_{refl} = Z_g = 100 \Omega$$

20

下述等式针对单端口模型规定了散射参数:

$$S_{11} = \left. \frac{V_1^-}{V_1^+} \right|_{V_2^+ = 0} \quad (16)$$

$$25 \quad S_{11} = \frac{-\rho_g + e^{-2\gamma}}{1 - \rho_g e^{-2\gamma}} \quad (17)$$

$$H = \frac{V_2}{V_1} \quad (18)$$

$$Z_g = 0, \rho_g = -1, \tau_g = 2$$

$$30 \quad H = \frac{\tau_l e^{-\gamma}}{1 + \rho_l e^{-2\gamma}} \quad (19)$$

考虑中的传递函数在线路的起点开始并终止在负载上(无有发生器), 发送 PSD (功率谱密度) 屏蔽形成在图 1 中 V_1 的地点而不是在 V_g 的地点。

5 2) 具有 1 个桥式抽头的均匀环路

图 2 描写了一个接入网络的等效电路, 该网络由具有一个桥式抽头的环路组成。参数模型的七个参数 $a_1, a_2, a_3, a_4, a_5, a_6, a_7$ 的初始值需要确定和优化。建模的目的是要获得 S_{11} , 散射函数和 H , 传递函数的表达式。

$$10 \quad a_6 = \frac{l_2}{l_1} \quad (20)$$

$$a_6 = \frac{l_3}{l_1} \quad (21)$$

$Z_1 = \infty, \rho_1 = 1$ (假定开路在端部)

15 下面的等式对于单端口模型规定了散射参数 S_{11} :

$$S_{11} = \frac{-3\rho_g e^{-2\gamma l_1} - \rho_g e^{-2\gamma l_2} - \rho_g e^{-2\gamma l_3} + e^{-2\gamma(l_1+l_2)} + e^{-2\gamma(l_1+l_3)} + \rho_g e^{-2\gamma(l_2+l_3)} + 3e^{-2\gamma(l_1+l_2+l_3)}}{3 + \rho_g e^{-2\gamma l_1} + e^{-2\gamma l_2} + e^{-2\gamma l_3} - \rho_g e^{-2\gamma(l_1+l_2)} - \rho_g e^{-2\gamma(l_1+l_3)} - e^{-2\gamma(l_2+l_3)} - 3\rho_g e^{-2\gamma(l_1+l_2+l_3)}} \quad (22)$$

$Z_g = 0, \rho_g = -1, \tau_g = 2$ (假定 PSD 屏蔽形成在 V_1)

20 两端口模型: 传递函数 H

$$H = \frac{2\tau_1 (e^{-\gamma(l_1+l_2)} + e^{-\gamma(l_1+l_2+l_3)})}{3 - e^{-2\gamma l_1} + \rho_1 e^{-2\gamma l_2} + e^{-2\gamma l_3} + \rho_1 e^{-2\gamma(l_1+l_2)} + e^{-2\gamma(l_1+l_3)} - \rho_1 e^{-2\gamma(l_2+l_3)} + 3\rho_1 e^{-2\gamma(l_1+l_2+l_3)}} \quad (23)$$

3. 两个线路段的级联

25 图 3 描写了由两个线路级联组成的接入网络的等效电路图。参数模型的 10 个参数 $a_{11}, a_{21}, a_{31}, a_{41}, a_{61}, a_{12}, a_{22}, a_{32}, a_{42}, a_{62}$ 的初始值需要确定和优化。建模的目的是要获得有关 S_{11} , 散射函数和 H , 传递函数的等式。

$Z_1 = \infty, \rho_1 = 1$, (假定开路在端部)

$$30 \quad S_{11} = \frac{-\rho_g + \rho_2 e^{-2\gamma l_1} - \rho_g \rho_2 e^{-2\gamma l_2} + e^{-2(\gamma l_1 + \gamma l_2)}}{1 - \rho_g \rho_2 e^{-2\gamma l_1} + \rho_2 e^{-2\gamma l_2} - \rho_g e^{-2(\gamma l_1 + \gamma l_2)}} \quad (24)$$

$$Z_g = 0, \rho_g = -1, \tau_g = 2$$

$$H = \frac{\tau_2 \tau_1 e^{-(\gamma_1 l_1 + \gamma_2 l_2)}}{1 + \rho_2 e^{-2\gamma_1 l_1} + \rho_2 \rho_1 e^{-2\gamma_2 l_2} + \rho_1 e^{-2(\gamma_1 l_1 + \gamma_2 l_2)}} \quad (25)$$

5

1.2 估算器

C. 费用函数

下面一个费用函数将被描述，它用于参数模型的参数的优化，但是本发明
10 不限于此。它被称做输出误差模型的最大似然。这种费用函数具有有用的性质，
例如估算参数没有偏差，

$$V(\theta_1, \dots, \theta_N) = \sum_{k=1}^M \frac{|S_{11}^{\text{model}}(f_k, \theta_1, \dots, \theta_N) - S_{11,k}^{\text{measurement}}|^2}{\sigma_{S_{11,k}}^2} \quad (26)$$

15

M=频率取样数目

N=参数数目

这个 S_{11} 中的第一个费用函数对于本发明的一般方法是重要的。

D. 最小化

参数优化是通过最小化费用函数表示的差实现的。最好的最小化来自
20 Levenbergh Marquardt，但是本发明不限于这种优化算法，也不限于初始值的
任何特定值。

例如，下面的起始值可以被选择：

$$a = 0.25 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

$$D = 1 \times 10^{-3} \text{ mm}$$

25

$\sigma = 5.8 \times 10^7 \text{ S/m}$ 假定是铜导线。

$\mu = \mu_0$ 对于 PE 绝缘电缆

$\epsilon = 2.26 \epsilon_0$ 对于 PE 绝缘电缆

$$L_{\text{ext}} = \mu / (2 * \pi) * \log(D^2 / \text{半径}^2);$$

$$C = 1 / L_{\text{ext}} * \epsilon * \mu$$

30

作为模型参数函数的费用函数的最小值可以通过迭代优化算法找到。存在

许多优化程序，本领域技术人员是知道的。Levenberg-Marquardt (LM) 方法是最好方法之一。它结合了 Gauss-Newton 和梯度下降程序。Gauss-Newton 方法是快速的，因为它使用了二阶导数，但它不总是收敛的。收敛的问题在 Levenberg-Marquardt 的算法中通过附加的梯度下降法得以解决。

- 5 Levenberg-Marquardt 算法仅研究局部最小值。为了寻找全局最小值，模型参数的初始值必须充分接近精确值，它与费用函数的全局最小值对应。根据本发明的一个方面，获得费用函数的绝对最小值是通过选择参数模型的帮助的，该参数模型至少是拟真的，从而至少某些系数的初始值可以被估算。最好是，参数模型应该这样选择，大多数系数（大于 50%，最好是 60% 或更多，和最好是 70% 或更多）可以根据将被证明合格的网络的物理特性进行估算。

1.3 测量

E. 测量的建立

有一些设定用于网络分析仪的测量以便确定 H。

- 15 在测量步骤中针对具体的激励信号测量网络反射图。Hewlett Packard 的 HP 4195A 型网络分析仪是使用起始频率 $3 \times 4.3125 = 12.9375$ KHz（音调 3）和停止频率 1.104000 MHz（音调 256）。RBW 是 100Hz，扫描时间 2 分钟，401 个点被记录。S₁₁ 和 H 的 4 种测量可以被实行，在每种情况中能够计算平均值和变化值。这些后面的值在 MLE 费用函数（见等式 26）中被用做加权因数。

- 20 所用传输线路是电缆，即 Belgacom (Belgium) 提供的，它的导线直径是 0.5mm，PE 绝缘，和四路多工制中的 20 对；BT (UK) 提供的，导线尺寸是 0.5mm，绝缘是 PE，20 对；FT (France) 提供的，导线尺寸是 0.4mm，PE 绝缘，8 对，四线多工制。North Hill 平衡是 50 欧姆到 135 欧姆。

F. 结果

- 25 只有量值被示出，虽然相位也被估算。不过对负载量的估算量值是最重要的。

结果示出 3 个拓扑，但是本发明不限于这 3 种拓扑。

在 y 轴上示出 S₁₁ 的图 4、6、8 中的曲线图的图符是：

- (虚线): 示于图的上部的测量值
- (实线): 如图形上部所示的估算
- 30 -x- (实线, x): 如图中间所示的误差

—+ (仅是图6和8的实线, +): 如图下部中所示95%的置信界限。

注意: 在仅有随机误差存在的情况下, 误差应低于95%的置信界限。如果不是这种情况, 说明还有模型误差存在。

在y轴上具有H的图5、7、9的曲线图的图符是:

- 5 · (虚线): 如图上部所示的测量值
- (实线): 经 S_{11} 的估算 (通常它是如此接近圆点以致在刻度上不能被辨认出来)
- (图7和9中的虚线): 经 H 的估算 (通常它是如此地接近圆点, 以致在这个刻度上不能被辨认出来)
- x- (实线, x): 在图形中部经 S_{11} 估算的误差
- 10 -o- (图5中的虚线, 图7和9中的实线, o): 在图中部经 H 估算的误差
- + (仅在图7和9中的实线, +): 在图的下部中的95%的置信界限

1) 单一线路

在图4中示出了散射系数 S_{11} 的模型和测量结果, 在图5中示出了单一线路传递函数 H 的模型和测量结果。

15 2) 具有桥式抽头的环路

在图6中示出了散射系数 S_{11} 的模型和测量结果, 在图7中示出了传递函数 H 的模型和测量结果。

所有电缆段是具有导线尺寸 0.5mm 的 BT 电缆, 第一段长 900 米, 第二段长 700 米, 桥式抽头 200 米。

20 3) 2 线路的级联

在图8中示出了散射系数 S_{11} 的模型和测量结果, 在图9中示出了传递函数的模型和测量结果。

长 500 米直径 0.5mm 的一根 BT 电缆和长 400 米直径 0.4mm 的 FT 电缆级联。

- 25 对于所有 3 个拓扑, 显然 3 个传递函数 (测量的, 通过单端口测量 S_{11} 估算的, 通过两端口测量 H 估算的) 匹配得非常好。

2. 确定传递函数的两端口方法

- 30 本发明优选最佳的工作方式的进一步的实施例是使用两端口测量技术确定传递函数。最好是在沿传输线路发送的标准音调的接收器上进行测量。不对称数字用户专用线收发器的 ITU 标准 G. 9992.1 和不对称数字用户专用线的握手过程的 G. 9994.1 描述了初始化程序, 它要求传输用于信道分析的周期信号。信道

分析可以包括确定传递函数。这个直接确定的传递函数然后被用于确定传输线路的最佳模型而不需要关于这个拓扑的以前的知识。

2.2 模型

除了现在传递函数被直接测量，从而模型必须根据测量而不是利用反射图确定的散射函数优化之外，相同的参数模型的使用如节 1.1 中所述。特别是，等式 19, 23 和 25 中的传递函数被用于优化程序。

2.3 估算器

除了等式 26 已被修改以便在所测传递函数上进行优化之外，相同的估算器的使用如节 1.3 中所述：

$$V(\theta_1, \dots, \theta_N) = \sum_{k=1}^N \frac{|H^{\text{model}}(f_k, \theta_1, \dots, \theta_N) - H_k^{\text{measurement}}|^2}{\sigma_{H,k}^2} \quad (27)$$

线路的长度和拓扑被假定是未知的，优化程序被用于选择模型，它给出最佳配合并提供这个线路拓扑的长度。估算步骤的其它细节如 1.3 节中所述。

2.4 测量

1500 米的单一线路和一个均匀的桥式抽头网络（分段长度为 900, 600 和 100 米）被使用（电缆类型 0.5mm）。传递函数通过使用不同频率的音调被测量，仅仅是在 VDSL 的下行频带。最小化费用函数被示于表 1。

表 1. 最小化费用函数

估算器:	测量	
	单一线路	抽头
单一线路	9.1e12	7.6e14
抽头	5.8e14	2.3e13

通过表，费用函数的最小值精确识别相关拓扑。估算长度对于单一线路是 1500.63 米，对于抽头长度是 900.88/600.56/99.94。相符合是模型的极好证明。

图 12 和 13 中分别给出单一线路和抽头的估算的和测量的传递函数的比较。

3. 串话干扰有关参数的估算

图 14 是估算网络的至少一个串话干扰有关参数的本发明的方法的原理图。

网络 50 具有一个中心局 51，它包括多个供给传输线路 54, 55 的 VDSL 收发器 52, 53。在用户住宅，收发器 56, 57 端接于传输线路 54, 55。来自干扰环路

55 的 FEXT (在下面等式中注脚 d 涉及干扰环路) 在受害环路 54 中累积 (在下面等式中注脚 v 涉及, 受害环路)。本发明不要求环路 54, 55 具有相同长度。每个传输线 54, 54 将被认为是一对绞合电缆, 但本发明不限于此。在 4-导体传输线路的导线之间具有电容性和电感性耦合。

5 一旦环路的拓扑和长度通过任一上述方法被确定, 所选择模型的参数就可被用于串话干扰有关参数的模型中, 例如 FEXT。在下面, 计算结果是 FEXT CF 和 NECT CN 的不平衡函数。公式中的符号是与 G. A Gambell, "Dr. Campbell's Memoranda of 1907 and 1912", 贝尔系统技术杂志, 14 卷, 4 号, 553-573 页, 1935 年 10 月中的符号一致; H. Carvis 和 T. V. Crater, "Engineering of T1
10 Carrier System Repeated Lines", 贝尔系统技术杂志, 42 卷, 42 号, 431-486 页, 1963 年 3 月; A. J. Gibbs 和 R. Addie, "The Covariance of near End Crosstalk and its application to PCM System Engineering in multipair cable", IEEE trans. Comm 第 27 卷, 第 2 号, 469-477 页, 1979 年 2 月。

图 15 描绘了在干扰环路和受害环路之间的耦合。发生器具有一个电压 V_g
15 和一个内部阻抗 $Z_g=Z_0$, Z_0 是环路的特性阻抗。干扰环路具有一个桥式抽头, 因此它由三个线路段组成。所有线路段具有相同的特征阻抗和传播常数。线路长度是 L_1 , L_2 和 L_3 。对应的传递函数是 e^{-L_1} , e^{-L_2} 和 e^{-L_3} 。线路被特征阻抗确定。为简便起见, 在关于 $C_F(Z)$ 和 $C_N(Z)$ 的模型中某些假定可以被做出:

1. 实数和常数 (与频率无关)
- 20 2. 正常分布的随机变量
3. $E[C_F(z)] = 0$
4. $E[C_F(z)C_F(z')] = k_F \delta(z-z')$

功率 FEXT 传递函数的计算 (对于某个对-对组合) 如下。

25 FEXT 功率传递函数的期望值取决于常数 K_F , K_N 和 K_{FN} , 该值由下式给出:

$$E\left[X_F^2 | k_F, k_N, k_{FN}\right] = \frac{\omega^2 e^{-2\alpha l}}{16[9 + 6e^{-2\alpha l_3} \cos(2\beta l_3) + e^{-4\alpha l_3}]} (k_F(F_1 + F_2) + k_N(F_3 + F_5) + k_{FN}(F_4 + F_6 + F_7)) \quad (28)$$

函数 F_1-F_7 由下式给出:

30

$$F_1 = (9 + 6e^{-2\alpha_1} \cos(2\beta l_3) + e^{-4\alpha_1}) \gamma_1 \quad (29)$$

$$F_2 = 4(1 + 2e^{-2\alpha_1} \cos(2\beta l_3) + e^{-4\alpha_1}) \gamma_2 \quad (30)$$

$$F_3 = (1 + e^{-4\alpha_1}) \frac{1 - e^{-4\alpha_1}}{4\alpha} \quad (31)$$

$$5 \quad F_4 = (-3 + e^{-4\alpha_1}) [e^{-2\alpha_1} \phi(l_1) + \alpha] \quad (32)$$

$$F_5 = -\frac{1}{2\alpha} e^{-2\alpha_1} \cos(2\beta l_3) (1 - e^{-4\alpha_1}) \quad (33)$$

$$F_6 = \frac{3}{\alpha^2 + \beta^2} e^{-2\alpha_1} [e^{-2\alpha_1} \phi(l_1 + l_3) - \phi(l_3)] \quad (34)$$

$$10 \quad F_7 = -\frac{1}{\alpha^2 + \beta^2} e^{-2\alpha_1} [e^{-2\alpha_1} \phi(l_1 - l_3) - \phi(-l_3)] \quad (35)$$

这里

$$\phi(x) = -\alpha \cos(2\beta x) + \beta \sin(2\beta x) \quad (36)$$

上述的模型取决于三个常数 K_F , K_N 和 K_{FN} , 它们在下面的等式之中定义:

$$15 \quad E[C_F(z)C_F(z')] = k_F \delta(z - z') \quad (37)$$

$$E[C_N(z)C_N(z')] = k_N \delta(z - z') \quad (38)$$

$$E[C_F(z)C_N(z')] = k_{FN} \delta(z - z') \quad (39)$$

这些常数 K_F , K_N 和 K_{FN} 被假定为事先知道的。

20 FEXT 传递函数可被用于确定功率补偿。发送器的 PSD 用 $S_t(f)$ 表示, 它是频率 f 的函数, 这个 PSD 被设定, 使得在接收器上仅仅获得参考 PSD $S_t(f)$ 。 $S_t(f)$ 的值可以由下式确定:

$$S_r(f) \geq E|X_F|^2 |k_F, k_N, k_{FN}| S_t(f) \quad (40)$$

25 $S_t(f)$ 的值保证等式 40 的一致性 (它不超过发送器允许的最大功率), 它将提供网络的很好的均衡的 FEXT 性能。

4. 实现

30 本发明可以在一个计算装置上实现, 即一个个人计算机或一个工作站上实现, 它具有一个输入装置以便载入其容量将被估测的网络的详细资料, 例如其拓扑和前面的说明及所附权利要求定义的各种模型和方法所需的任何其它参

数。计算装置可以是插卡式微处理机，它可以被插入电信网络设备的网卡插槽中，例如是 7300 Alcatel DSL 用户接入多路复用器，Alcatel NV, Antwerp Belgium。计算装置适于运行软件，所述软件执行本发明的任何方法。换言之，计算机可以是一个服务器，它被连到数据通信传输装置，例如互联网，局域网或宽域网。包含例如网络拓扑详细资料和/或涉及传输线路成分中使用的材料的物理常数可以从邻近位置，即终端被发送到远地，即服务器位于的第二位置。此外，反射图的详细资料或从相关网络的传递函数的音调测量接收的结果可以从同一邻近位置或从其它位置被发送给服务器。服务器接收所有这些数据并执行本发明一个方法，并沿着通信线路返回输出有用数据，即串话干扰有关参数到一个邻近络端。

图 10 是一个计算系统的原理表示，它可以被用于本发明的方法和系统。计算机 10 被描述，它包括一个视频显示终端 14，一个数据输入装置，例如是一个键盘 16，一个图形用户接口显示装置或一个指示器例如鼠标 18。计算机 10 可以用普通计算机实现。

计算机 10 包括一个中央处理单元（CPU）15，例如是一个传统的微处理机，其中 Intel Corp. USA 提供的 Pentium III 处理机仅仅是一个例子，计算机 10 还包括一些经过系统总线 22 连接的其它设备。计算机 10 包括至少一个存储器，存储器可以包括数据存储设备的任何变化，这是本领域技术人员知道的，例如随机存储器（RAM），只读存储器（ROM），非易失读/写存储器，例如是一个硬盘，这是本领域技术人员知道的。例如，计算机 10 可以进一步包括一个随机存储器（RAM）24，只读存储器（ROM）26，以及用于连接总线 22 到一个可选视频显示器终端 14 的可选显示适配器，和一个用于连接外围设备（即，盘和磁带驱动器 23，例如是一个 CD-ROM 读出器）到系统总线 22 的可选输入/输出（I/O）适配器 29。视频显示终端 14 可以是一个计算机 10 的可视输出，它可以是一个适当的显示设备，例如是在计算机硬件技术中公知的一个基于 CRT 的视频显示器。不过，对于便携式或笔记本式计算机，显示器终端 14 可以用一个 LCD 或气体等离子平板显示器代替。计算机 10 还包括用户接口适配器 30，它用于连接键盘 16，鼠标 18，可选的喇叭 36，并用于使可选的物理值从外部系统 20 的物理值收集设备 40 输入。设备 40 可以是一个用于收集网络的物理参数或实现本发明所要求的各种模型的参数的合适设备。这些收集装置还可以包括

一个激励源和一个测量设备以便输入测试波形和测量网络或其部分的响应，即反射图或其它形式的接收信号。用于收集附加的或可选的外部系统 21 的物理参数的附加的或可选的设备 41 也可以被连到总线 22 上，这是经过把计算机 10 连到一个数据网络，例如是互联网，内部网，局域网或广域网（LAN 或 WAN）或一个 CAN 的通信适配器 39 连接的。术语“物理值收集设备”可以包括提供一个网络或一些网络的参数值，例如拓扑，候选网络或候选网络拓扑库的设备。

计算机 10 还包括一个图形用户接口，它位于一个机器可读介质中以便控制计算机 10 的操作。任何合适的机器可读介质可以保留图形用户接口，例如一个随机存储器（RAM）24，一个只读存储器（ROM）26，一个磁盘，磁带，或光盘（后三个被安排在盘和磁带驱动器 23 中）。任何合适的操作系统和有关的图形用户接口（例如微软窗口）可以操作 CPU 15。此外，计算机 10 包括一个控制程序 51，它位于计算机存储器 52 中。控制程序 51 包括指令，当被 CPU 15 执行的时候，它执行本发明方法的操作。指令可以通过用适当的语言例如 C 或 C++ 写计算机程序而获得，以便执行本发明的任何方法，然后编译程序以便在计算设备中执行。

本领域技术人员会理解，图 10 中所表示的硬件对于具体应用是可以变化的。例如，外围设备，光盘介质，音频适配器，芯片编程设备，例如在计算机硬件技术中已知的 PAL 或 EPROM 程序设备等等，在使用中可以代替已经描述的硬件。

在图 10 的例子中，计算机程序产品（即用于执行本发明的方法、包括本发明的指令装置的控制程序）被存放在计算机存储器中。指令（即，在存储器 52 中的计算机可读代码段）可以从存储器读进 RAM 24。在 RAM 24 中包含的指令的顺序执行使 CPU 15 执行这里所述的处理步骤。在另一个实施例中，硬导线电路可用于代替或组合软件指令，以便实现本发明。因此，本发明的实施例不限于任何具体的硬件电路和软件的组合。因此，本发明可以采取完全硬件的形式，完全软件的形式，或软件和硬件组合的形式。

再者，本发明可以采取数据承载介质的形式（即计算机程序产品在计算机可读存储器介质上），它运载包括在介质中的计算机可读程序代码段。术语“承载介质”和“计算机可读介质”涉及任何介质，它参与提供指令到一个处理机例如要执行的 CPU 15。这样一个介质可能有许多形式，其中包含非易失介质，

易失介质和传输介质，但不限于此。非易失介质包括，例如，光盘或磁盘，例如是一个CD-ROM 或一个存储设备，它是整个存储器的一部分，易失介质包括动态存储器，例如RAM 24。传输介质包括同轴电缆，铜导线和光纤，包括在计算机中的总线的导线，例如总线22。传输介质也可采取声波或光波的形式，例如

5 是无线电波和红外线数据通信期间产生的波。

计算机可读介质的共同形式包括软盘，移动盘，硬盘，磁带，或任何其它磁介质，CD-ROM，任何其它光介质，穿孔卡，纸带，任何其它具有孔形图案的物理介质，RAM，PROM，EPROM，FLASH-EPROM，任何其它存储器芯片或微型磁带，如以后所述的载波，或任何其它计算机可读介质。

10 这些计算机可读介质的不同形式可用于传送一个或多个指令的一或多个序列到处理机15去执行。例如，指令开始可以被载在远地计算机的磁盘上。远地计算机可以把指令输入它的动态存储器，和使用调制解调器在电话线路上发送指令。计算机装置本地的调制解调器可以接收电话线上的数据并使用红外线发送器把数据转化成红外线信号。连接在总线上的红外线检测器可以接收红外线

15 信号上传送的数据并把数据放到总线上。总线传送数据到主存储器，由此处理机进行检索并执行指令。主存储器接收的指令可在处理机执行前或执行后被有选择地存储在存储设备中。指令也可以通过一个网络，例如一个LAN，WAN 或互联网中的载波发送。

然而重要的是，本领域的技术人员将会理解，作为程序产品，本发明的方法

20 法可以以各种形式被发布，并且本发明同样可以应用，而不考虑用于实际完成发布的信号承载介质的具体类型。计算机可读信号承载介质的例子包括：可记录类型介质，例如软盘和CD ROM，传输型介质，例如数字和模拟通信线路，它们可以被用于计算机程序产品下载。

5. 方法

25 本发明的方法将参照个人计算机进行描述。执行本发明方法的计算机程序以普通方式启动。例如，一个弹出式信息出现，提供一个输入形式以规定将被使用的网络拓扑。可选或附加地，使用预先规定的拓扑的可能性也被提供，例如允许从下拉式菜单选择。可选或附加地，当拓扑是不知道的时候，可以提供选项。在这种情况下程序将使用一组预定的典型的拓扑并试图与所测量的每个

30 模型的反射图匹配，或与所测量的每个模型的传递函数匹配。最好的匹配被假

定是这样一个拓扑，它接近实际拓扑，并且被用于串话干扰相关参数计算。

在输入必要数据，例如网络拓扑，双绞线电缆的绝缘和导体材料，电缆的导体间隔等等以后，可以输入基于大量传输的反射图或接收信号。这可以通过从外部设备，即从 CD-ROM 读出器读出的 CD-ROM 的输入来进行，或通过从整个存储器，即从安排在 LAN 上的服务器使它下载来进行，或经过互联网进行。可选地，计算机可以通过 USB 接口被连到一个合适的或反射图其它的接收信号收集设备，以便从音调测量直接测量和输入反射图或其它接收信号。反射图可以从网络中的单一位置获得，即从本地回路到中心办公室的连接点获得，而用于直接测量传递函数的其它接收信号可以从网络的其它结点被接收。反射图或其它接收信号一般是模拟形式，它被模拟/数字转换器转化成数字信号。然后程序优化参数模型的系数，即通过最小化一个费用函数来进行，这个费用函数与所测反射图和所计算的模型的传递函数之间的差有关，或和所测量的传递函数和一个计算的有关模型的传递函数之间的差有关。使用优化参数模型，一个传递函数和/或网络的环路长度就被确定。根据所选择的拓扑和环路的长度，传递函数串话干扰有关参数就可被计算。

计算机程序的输出可以是下列中的任何一个或全部：

- 串话干扰有关参数，例如 NEXT 或 FEXT 传递系数，发送器的或接收器上接收的一个或多个 PSD，在发送器上要求的功率补偿，
- 有关网络不能以合理的精度被模拟的消息（由于不常见的拓扑，不常见的材料）
- 网络的环路的长度。

图1

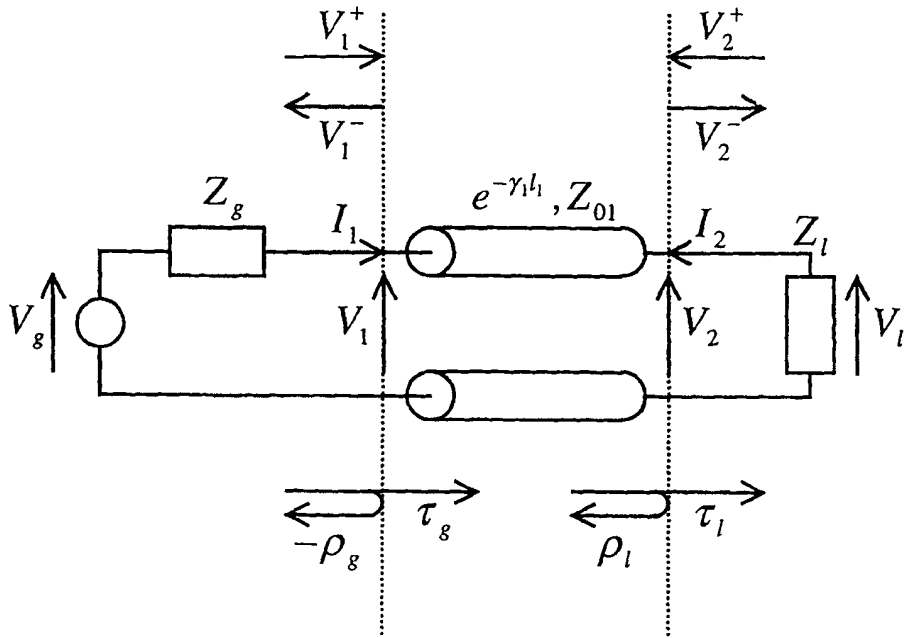


图2

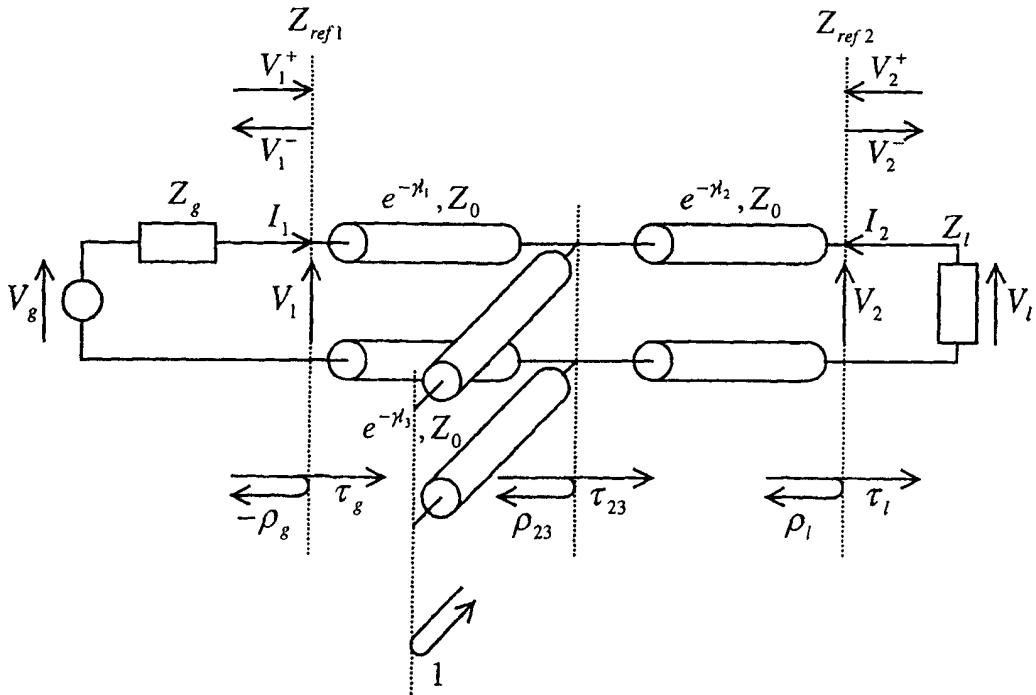


图3

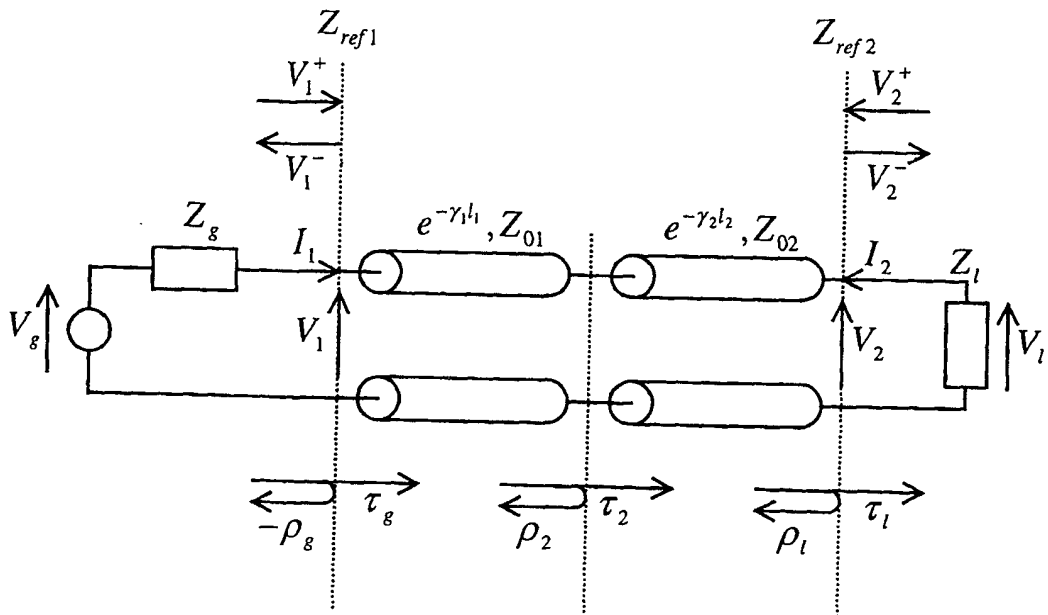


图4

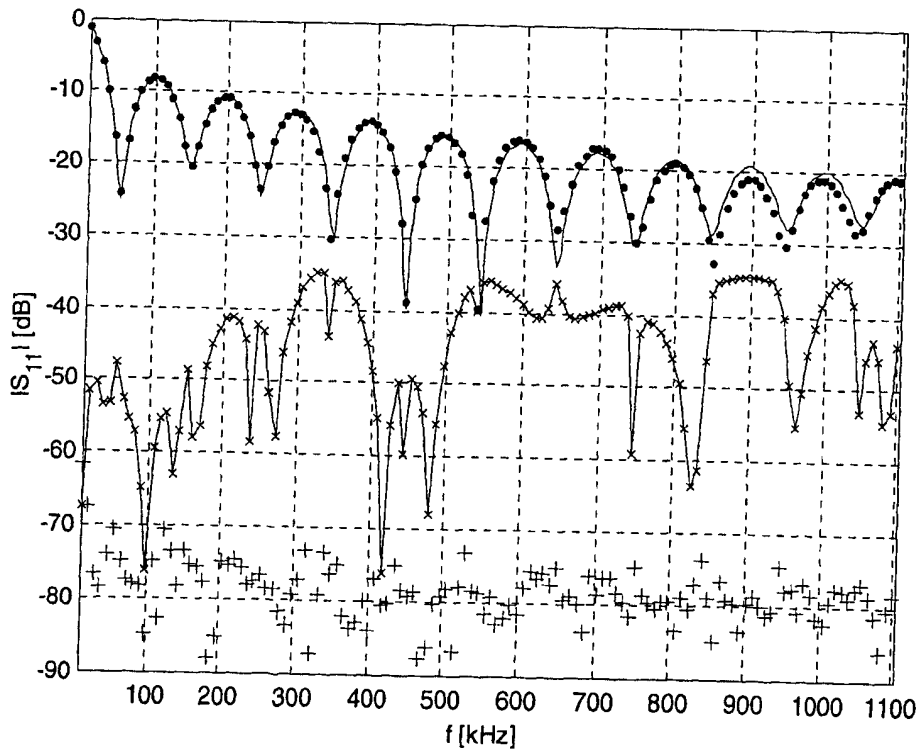


图5

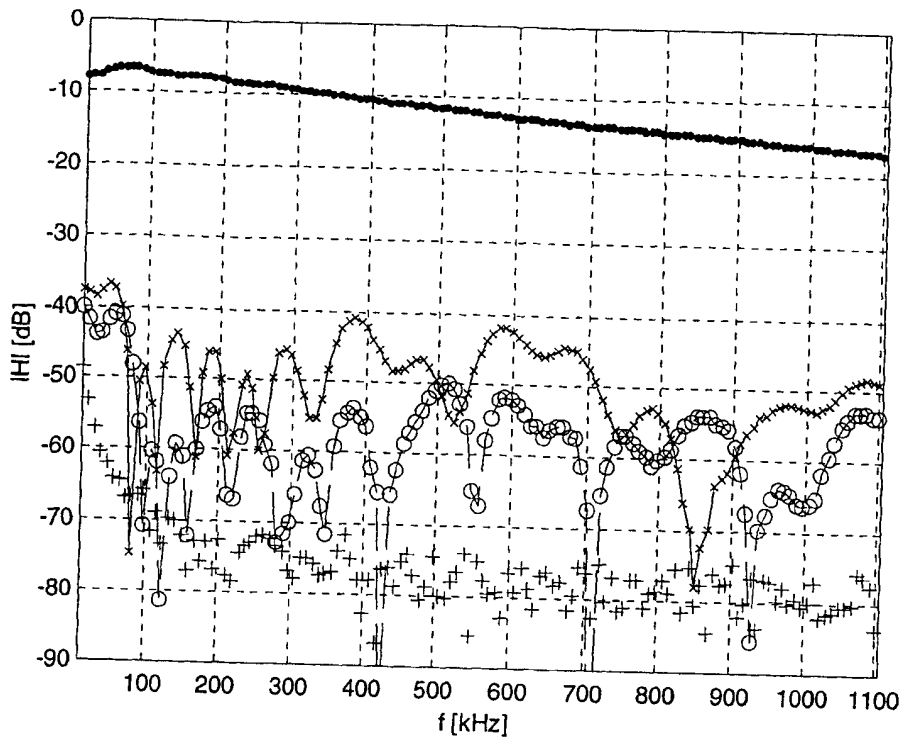


图6

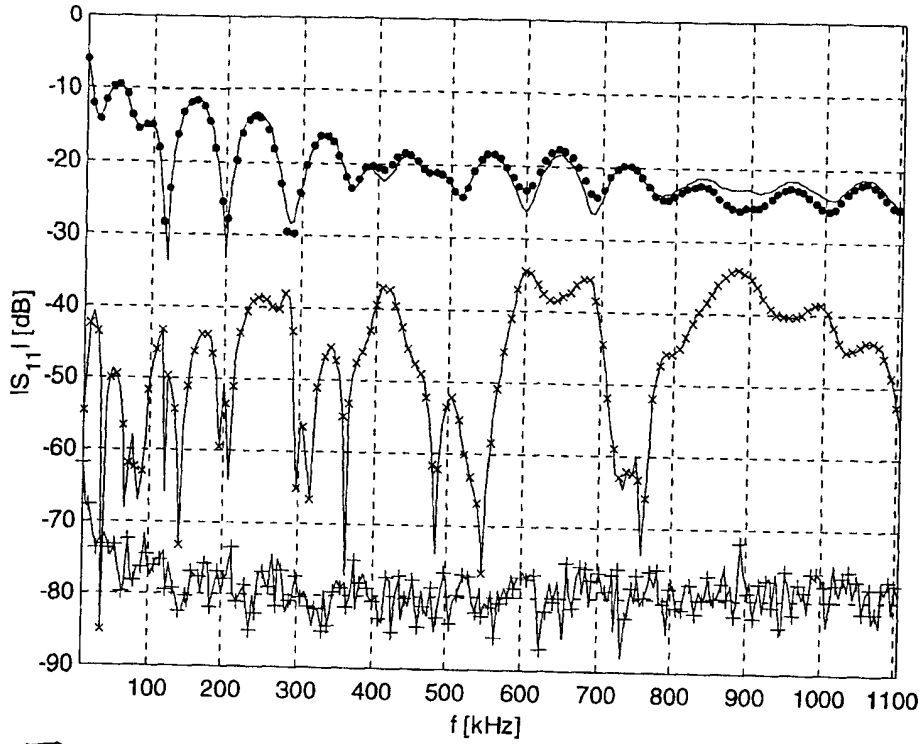


图7

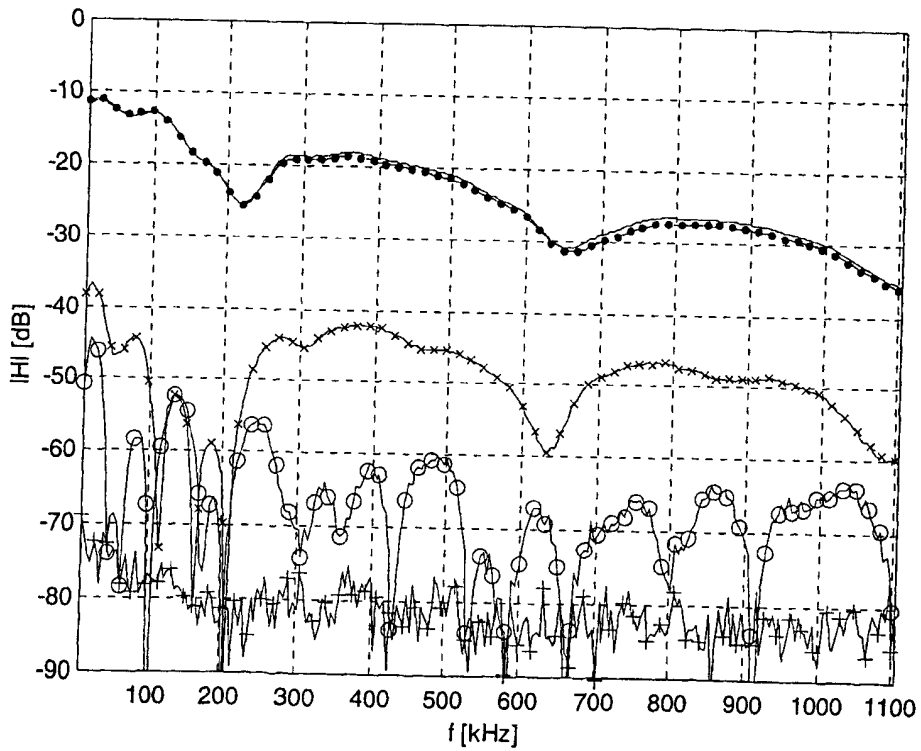


图 8

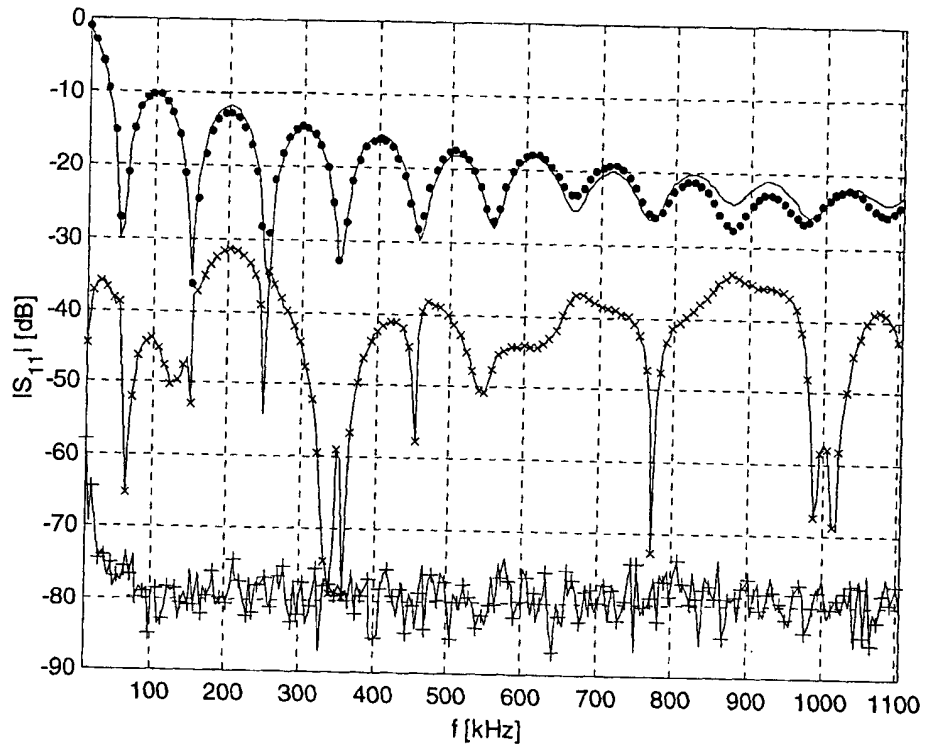


图 9

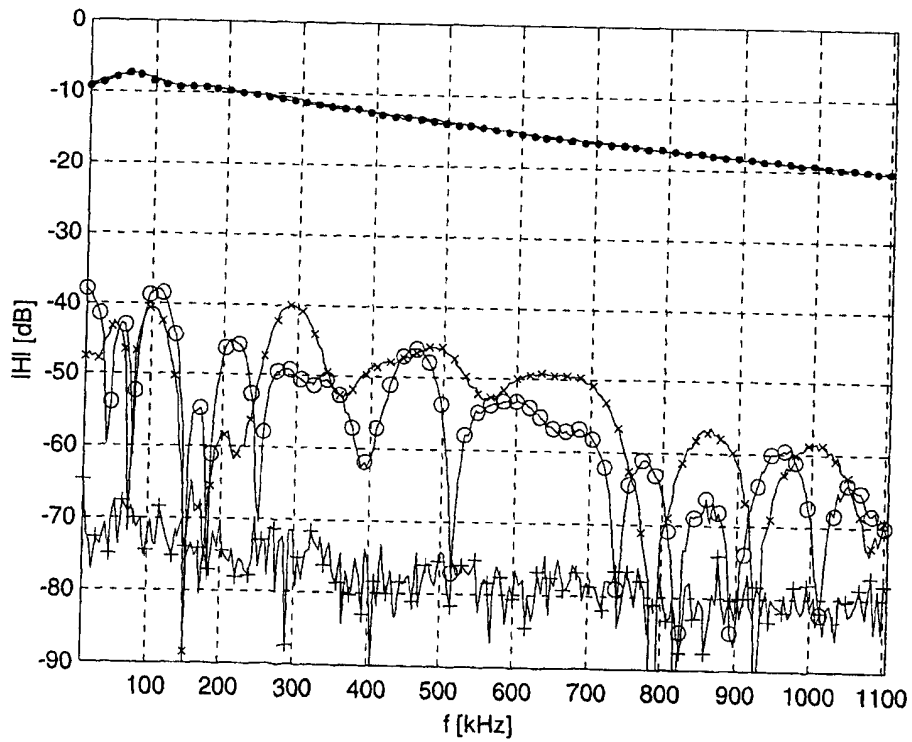
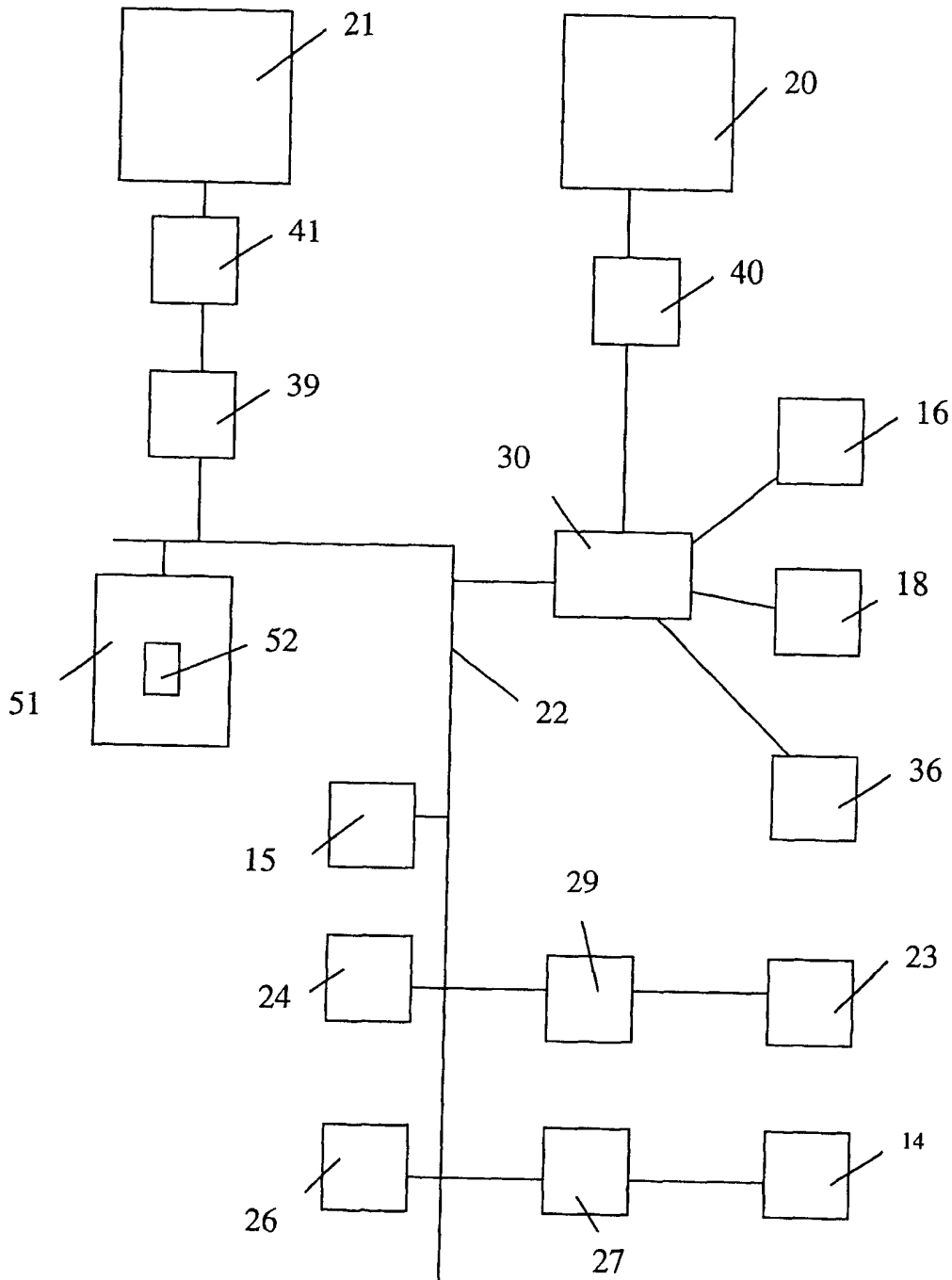


图10



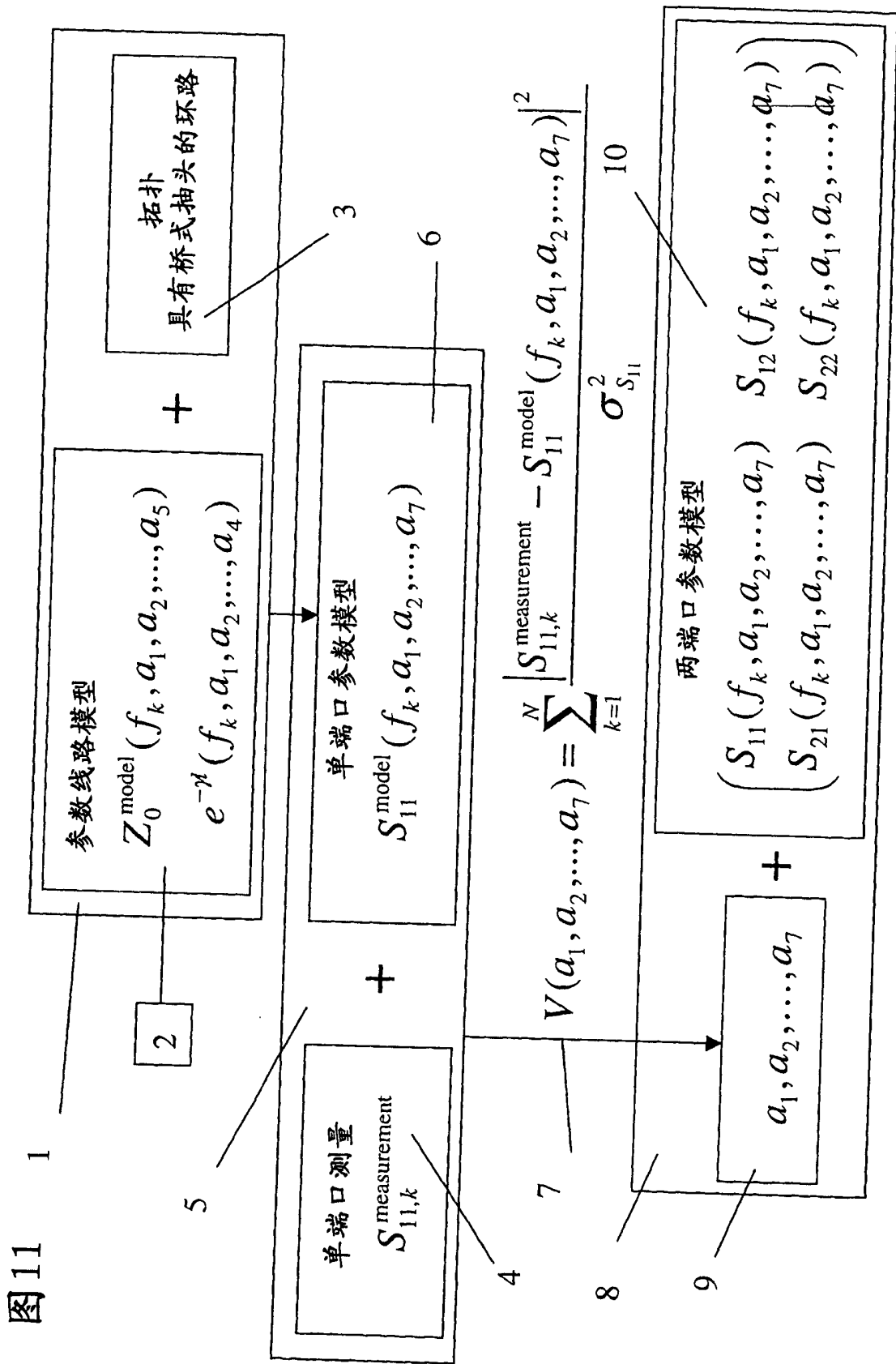


图12

所测量的单一线路TF(红)与估算的关系曲线

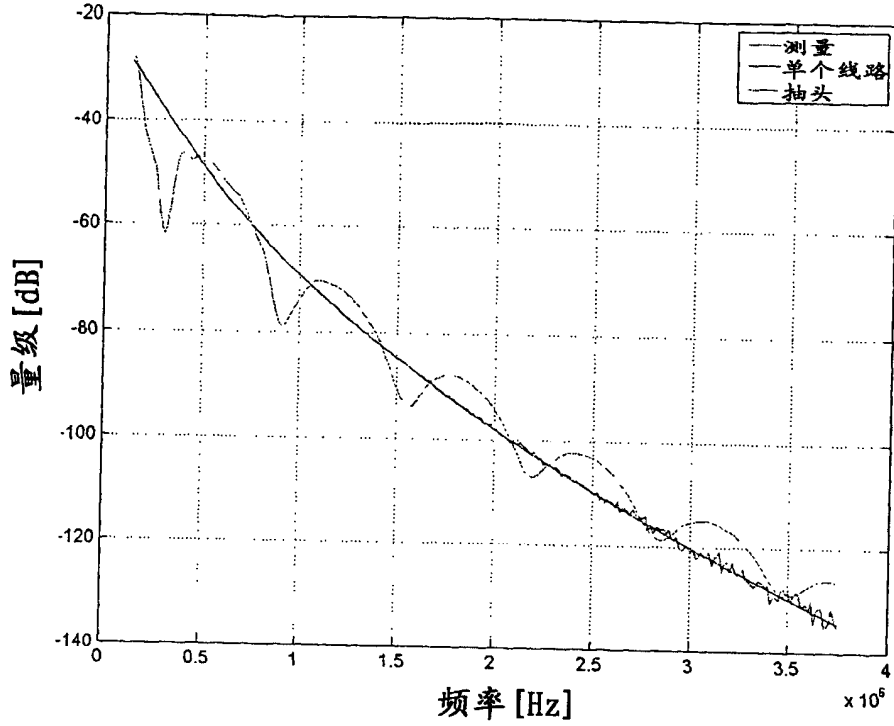
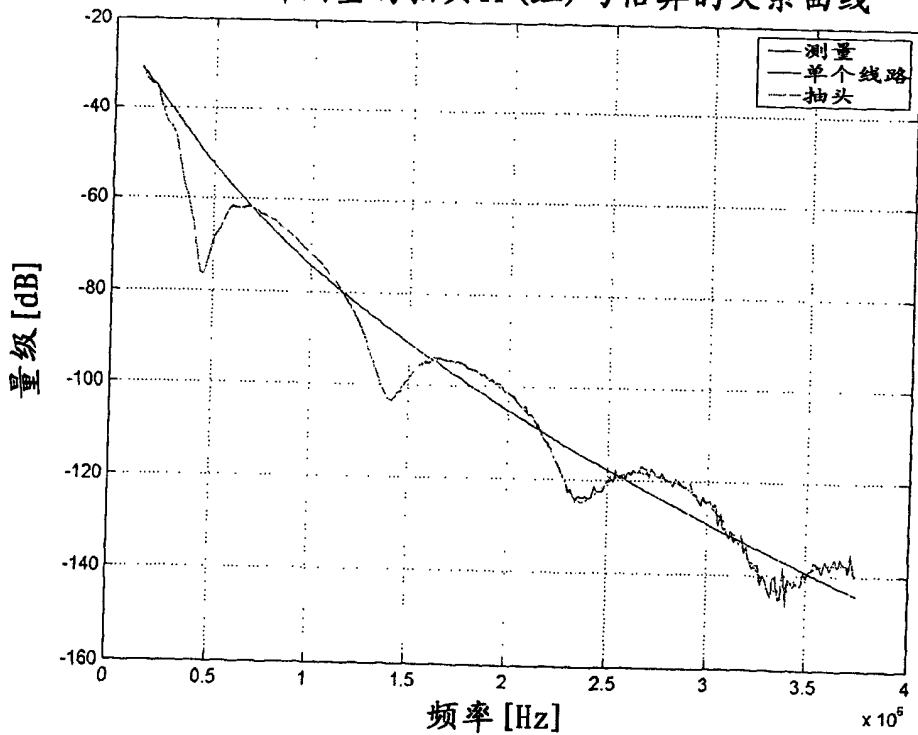


图13

所测量的抽头TF(红)与估算的关系曲线



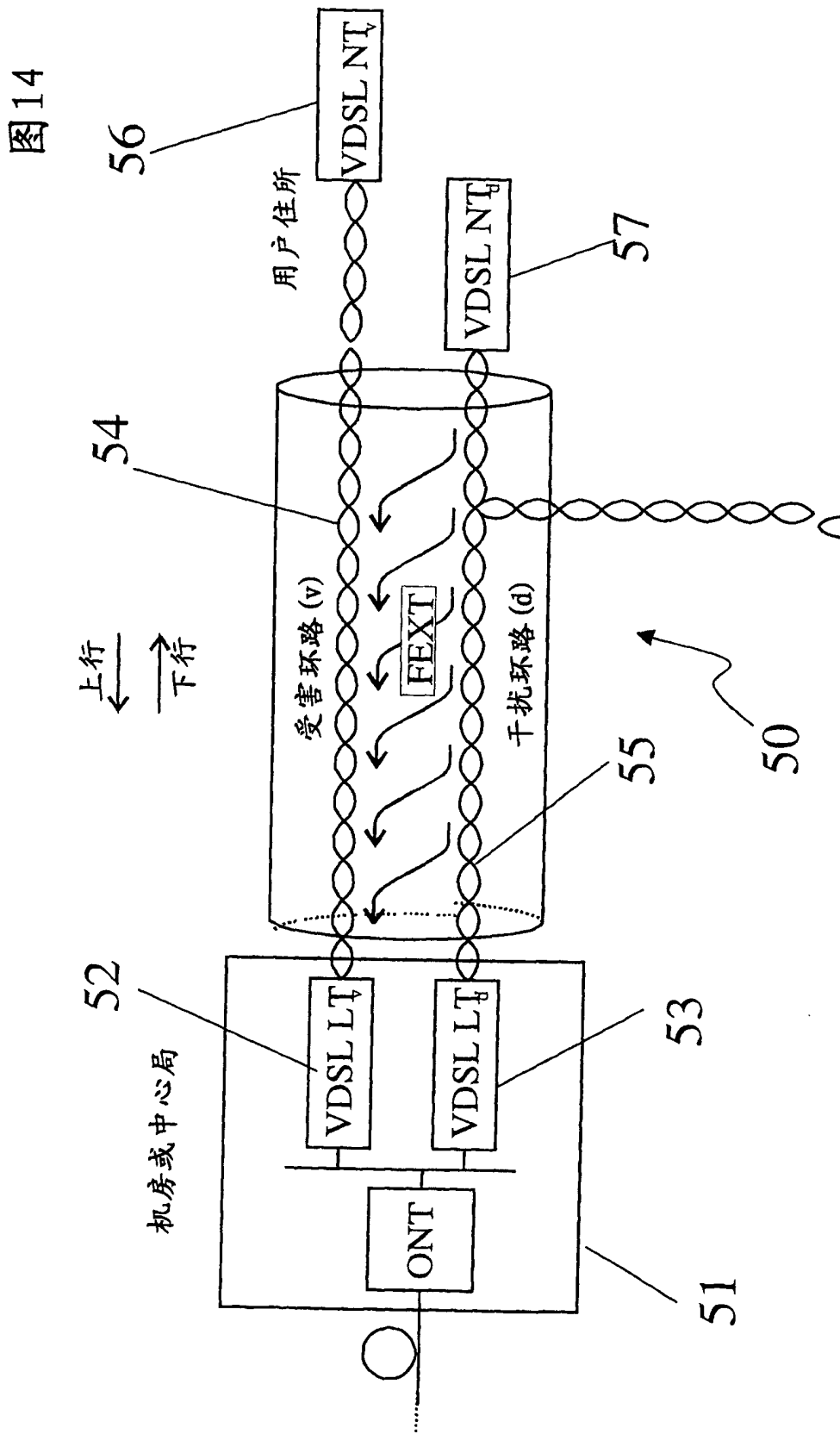


图14

图15

