



[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 97190266.6

[45] 授权公告日 2003 年 12 月 31 日

[11] 授权公告号 CN 1133275C

[22] 申请日 1997.3.25 [21] 申请号 97190266.6

[30] 优先权

[32] 1996.3.27 [33] US [31] 08/625,409

[86] 国际申请 PCT/US97/04806 1997.3.25

[87] 国际公布 WO97/36377 英 1997.10.2

[85] 进入国家阶段日期 1997.11.27

[71] 专利权人 摩托罗拉公司

地址 美国伊利诺斯

[72] 发明人 杰弗里 T·克莱曼

约翰 A·佩里阿尔特

凯瑟琳·昂格尔 斯蒂芬·施罗德

审查员 穆丽娟

[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利
商标事务所

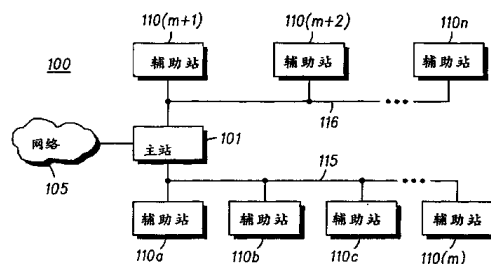
代理人 陆立英

权利要求书 3 页 说明书 13 页 附图 4 页

[54] 发明名称 数据通信中自适应前向纠错的装置
和方法

[57] 摘要

一种在数据通信系统(100)中自适应前向纠错的装置(101, 110)和方法提供了基于通信信道条件的前向纠错参数动态改变。接收含有当前级前向纠错的数据(305), 监视通信参数(315), 并将该监视信道参数与阈值电平相比较(320)。当信道参数不在该预定级的预定或自适应变化范围内时, 选择含有较大或较小级前向纠错能力的修正前向纠错参数(330, 340, 350, 360), 并发射该修正前向纠错参数(370)。然后, 接收修正前向纠错参数的装置, 诸如辅助站(110), 发射利用该修正纠错参数来编码的数据(425)。



1. 一种用以在数据通信系统中为自适应纠错确定前向纠错参数的方法, 该数据通信系统含有一种通信装置, 而该通信装置含有多个通信信道, 本方法包括:

(a) 在多个通信信道的第一通信信道上接收编码数据, 该编码数据含有多个前向纠错级别的第一级前向纠错;

(b) 监视第一通信信道的信道参数, 以形成一个监视参数;

(c) 确定该信道参数的阈值电平;

(d) 将该监视参数与阈值电平相比较;

(e) 当该监视参数不在阈值电平的范围内时, 选择多个前向纠错级别的第二级前向纠错; 且

(f) 在多个通信信道的第二通信信道上发射一个前向纠错修正参数, 该前向纠错修正参数与第二级前向纠错相对应。

2. 在权利要求 1 的数据通信系统中自适应前向纠错的方法, 其中多个前向纠错级别包含多种参数组合的任一种, 这些参数指定块代码, 卷积码, 级联码, 和间插深度。

3. 在权利要求 1 的数据通信系统中自适应前向纠错的方法, 进一步包括:

(h) 在多个通信信道的第二通信信道上发射一个修正的模拟参数, 其中该修正模拟参数包含多种参数组合的任一种, 这些参数指定调制模式, 载频, 比特率, 波特率, 和载波带宽。

4. 在权利要求 1 的数据通信系统中自适应前向纠错的方法, 其中第(e)步进一步包括:

(e1) 当与阈值电平比较的监视参数表明, 前向纠错的较小级适合时, 选择含有比第一级纠错级更小的纠错能力的第二级前向纠错; 且

(e2) 当与阈值电平比较的监视参数表明, 前向纠错的较大级适合时, 选择含有比第一级纠错级更大的纠错能力的第二级前向纠错。

5. 在数据通信系统中为自适应前向纠错修正前向纠错参数的方法, 该数据通信系统含有一种通信装置, 而该通信装置含有多个通信信道, 本方

法包括:

(a) 在多个通信信道的第一通信信道上发射编码数据,以形成发射编码数据,该发射编码数据含有多个前向纠错级别的当前级前向纠错;

(b) 为前向纠错修正参数而监视多个通信信道的第二通信信道;

(c) 确定是否该前向纠错修正参数指示多个前向纠错级别的修正级前向纠错;

(d) 当该前向纠错修正参数未指示修正级前向纠错时,发射含有当前级前向纠错的编码数据;而且

(e) 当该前向纠错修正参数指示了修正级前向纠错时,发射含有修正级前向纠错的编码数据。

6. 一种用以在数据通信系统中为自适应前向纠错修正前向纠错参数的装置,该数据通信系统含有一种通信装置,而该通信装置含有多个通信信道,所述的用以在数据通信系统中为自适应前向纠错确定前向纠错参数的装置包括:

一可与通信装置耦合的信道接口,用以在多个通信信道的第一通信信道上发射编码数据来形成发射编码数据,并用以在多个通信信道的第二通信信道上接收编码数据来形成接收编码数据,该接收编码数据含有多个前向纠错级别的第一级前向纠错;

一与该信道接口耦合的处理器排列,该处理器排列通过一套程序指令作出响应,监视第二通信信道的信道参数,从而此形成一个监视参数;该处理器排列进一步作出响应,将该监视参数与该信道参数的阈值电平相比较,当该监视参数不在阈值电平的变化范围内时,处理器排列进一步作出响应,选择多个前向纠错级别的第二级前向纠错,并经由该信道接口在第一通信信道上发射前向纠错修正参数,该前向纠错修正参数与第二级前向纠错相对应。

7. 权利要求6的装置,其中多个前向纠错级别包括多种参数组合的任一种,这些参数指定块代码,卷积码,级联码,和间插深度。

8. 权利要求6的装置,处理器排列进一步作出响应,在多个通信信道的第一通信信道上发射一个修正模拟参数,其中该修正模拟参数包括多种参数组合的任一种,这些参数指定调制模式,载频,比特率,波特率,和

载波带宽。

9. 权利要求6的装置，当与阈值电平比较的监视参数表明，较小级前向纠错适合时，处理器排列进一步作出响应，选择含有与第一级纠错相比更小的纠错能力的第二级前向纠错；而当与阈值电平比较的监视参数表明，较大级前向纠错适合时，处理器排列进一步作出响应，选择含有与第一级纠错相比更大的纠错能力的第二级前向纠错。

10. 一种用以在数据通信系统中为自适应前向纠错修正前向纠错参数的装置，该数据通信系统含有一种通信装置，而该通信装置含有多个通信信道，所述的用以在数据通信系统中为自适应前向纠错修正前向纠错参数的装置包括：

一可与通信装置耦合的信道接口，用以在多个通信信道的第一通信信道上发射编码数据来形成发射编码数据，并用以在多个通信信道的第二通信信道上接收编码数据来形成接收编码数据；

一与该信道接口耦合的处理器排列，该处理器排列通过一套程序指令作出响应，设置发射编码数据为多个前向纠错级别的当前级前向纠错，该处理器排列进一步作出响应，监视第二通信信道来接收前向纠错修正参数，并确定是否该前向纠错修正参数指示多个前向纠错级别的修正级前向纠错；处理器排列进一步作出响应，当前向纠错修正参数未指示修正级前向纠错时，发射含有当前级前向纠错的编码数据，而当前向纠错修正参数指示了修正级前向纠错时，发射含有修正级前向纠错的编码数据。

数据通信中自适应前向纠错的装置和方法

本发明通常涉及数据通信与数据通信系统及装置，并尤其涉及数据通信中自适应前向纠错的装置和方法。

随着多媒体通信的出现，数据传输已日趋复杂。例如，多媒体通信应用，诸如数字编码的视频，话音，和其它形式的数据的实时传输，可能需要数据通信和数据传输的新形式和新系统。目前由 Motorola, Inc. 开发的 CableComm™ 系统就是这样一种新型的通信系统。在 CableComm™ 系统中，使用混合的光纤和同轴电缆来为诸如专用的用户存取单元的辅助站，例如拥有新的或现存的有线电视能力的家庭，提供现有电缆线路上的重要带宽。这些同轴电缆继续与光缆相连直达一个拥有具有接收与发射能力的集中式，主（或“首端”）控制器或主站的中心位置。这种主装置可以与任何一种网络或其它信息源相连，从因特网，各种线路业务，电话网，直到视频/电影用户业务。利用 CableComm™ 系统，可以在从主站或控制器（与一网络相连）到一个专用用户（用户存取单元）的辅助站的下行方向上和从辅助站到主站（与一网络相连）的上行方向上传输数字数据。

在 CableComm™ 系统中，目前意于在拥有 50-750MHz 频谱内 6MHz 带宽的信道上，以 30Mbps（兆比特每秒）的速率使用 64 正交振幅调制（“QAM”）来传输下行数据。由于预计对趋于在下行方向上传输的数据量的需要较上行方向是不对称的，所以以具有 2 比特/符号的 384k 符号/秒的符号率在 5-42MHz 的频带内使用 $\pi/4$ 差分正交相移键控（ $\pi/4$ -DQPSK）调制，从而对上行数据传输提供较少的容量。此外，设计通信系统使其具有一种多点结构，即多个终端用户辅助站（也称作用户存取单元）向辅助站上行传输，而一个或多个主站向辅助站下行传输。该通信系统还被设计作异步传输，其用户发射并接收诸如视频或文本文件的编码数据的分组。此外，还极有可能，传输是突发性的，各种用户在选定信道上根据轮询，争论或其它协议以不确定的间隔从主站处接收或发射数据，而不是在一个专用的或电路

交换的连接上传输更连续的与同步的信息流。

对于这种异步数据传输，极有必要通过主站或辅助站的接收机将数据组织为可识别的格式或分组，以实现可靠的检测。在 CableComm™ 系统中，数据分组的起始段（或前导码）包括用于准确数据传输的定时或同步信息。在定时信息之后的是编码数据，可将其编码用于保密（加密）和纠错。在编码数据之后的是以循环冗余校验（CRC）比特形式的纠错信息（如编码比特）和附加检错信息。包含这种纠错信息的一大困难在于，这种包含增加了整个分组大小，为数据传输增加了额外开销并相应地降低了数据吞吐量。其二在于，由于在纠错编码和解码过程中可能消耗的时间，包含这种纠错信息普遍增加了系统的响应时间或等待时间。此外，可能出现诸如低噪声条件的情况，这时可能不需要包含这种纠错信息，并且无需纠错信息的附加额外开销就可实现更高的数据吞吐量。然而，用以提供纠错能力的各种现有技术方法普遍只提供固定的纠错能力，而不考虑其它可增加数据吞吐量的机会，低噪声条件，或降低响应等待时间的需要。因此，对一种装置和方法要保持如下要求，使其可提供自适应的和灵活的纠错能力，从而为准确的数据接收提供充分的纠错，同时为增加的数据吞吐量提供额外开销极小化，并使这种装置和方法响应于并适应于潜在改变或可变的通信信道条件。

图 1 的方框图阐释了一种根据本发明的通信系统。

图 2 的方框图阐释了一种根据本发明的主站装置。

图 3 的方框图阐释了一种根据本发明的辅助站装置。

图 4 的流程图阐释了根据本发明的信道监视和前向纠错参数调整。

图 5 的流程图阐释了根据本发明的前向纠错调整与数据传输。

如上所述，对一种装置和方法要保持一种可提供自适应的和灵活的纠错能力的要求。根据本发明的装置和方法可提供这种自适应的和灵活的纠错能力，从而为准确的数据接收提供充分的纠错，并为增加的数据吞吐量提供额外开销极小化。本发明的装置和方法还可响应于并适应于潜在改变或可变的通信信道条件，例如噪声条件和误码率的改变。

图 1 的方框图阐释了一种根据本发明的通信系统 100。如图 1 所示，经由通信媒质 115 和 116，将一个主站 101（也称作主收发信机或主设备）

耦合至多个辅助站 110a 至 110n。在最佳实施例中，通信媒质 115 和 116 是混合光纤和同轴电缆。在其它实施例中，通信媒质，诸如通信媒质 115 和 116，可以是同轴电缆，光缆，双绞线等等，还可包括用于无线和卫星通信的空气，大气或太空。还可将主站 101 耦合至一种网络 105，其中可包括的网络诸如因特网，在线业务，电话与电缆网，及其它通信系统。如图 1 所示，辅助站 110a 至 110n 在诸如通信媒质 115 和 116 的通信媒质的两部分或分支上与主站 101 相连。等同地，辅助站 110a 至 110n 可与多个主站相连，并可利用任一通信媒质的更多或更少的分支，部分地与一个主站（例如主站 101）相连。

仍参照图 1，在最佳实施例中，诸如通信媒质 115 和 116 的通信媒质拥有或支持多个通信信道。为便于参照，在其中诸如主站 101 的主站向诸如辅助站 110n 的辅助站发射信息，信号或其它数据的通信信道，被称作下行信道或下行通信信道。并且为便于参照，在其中诸如辅助站 110n 的辅助站向诸如主站 101 的主站发射信息，信号，或其它数据的通信信道，被称作上行信道或上行通信信道。当然，通过例如时分复用或频分复用，这些各种上行和下行信道可以是相同的物理信道或是独立的物理信道。除了上行和下行方向，还可以以其它方式将这些各种信道逻辑分类。如上所述，在 CableComm™ 系统的最佳实施例中，通信媒质是混合同轴光缆，其下行信道位于 50-750MHz 频谱（或频带），而上行信道位于 5-42MHz 频谱。

图 2 的方框图阐释了一种根据本发明的主站 101。主站 101 被耦合至通信媒质 114，用于直达一个或多个辅助站（未示出）的上行和下行通信，并可通过网络接口 119 与诸如因特网的网络耦合。该主站包括一个与从信道接口 125a 至信道接口 125n 的多个信道接口相连的处理器排列 120，用以经由通信媒质 114 通信。该处理器排列 120 包括一个拥有或连至存储器 122 的主控制器 121，以及一个或多个辅助处理器 130a1 至 130n2 和相应的相关存储器 131a1 至 131n2。在最佳实施例中，主控制器 121 为 Motorola M68040 处理器，存储器 122 为 16MB RAM。在最佳实施例中，主控制器 121 执行多种较高级的功能，例如频谱管理，路由选择功能，辅助站管理，及通信协议管理（诸如 SNMP 管理）。主控制器 121 与多个其它处理器相连，统称作处理器 130，而单独地表示为处理器 130a1，处理器 130a2，直至

处理器 130n1 和处理器 130n2。这些处理器中的每一个，处理器 130 a1，处理器 130a2，直至处理器 130n1 和处理器 130n2，都被耦合至或包含相应的存储电路，存储器 130 a1，存储器 130a2，直至存储器 130n1 和存储器 130n2。在最佳实施例中，这些处理器 130 中的每一个都是 Motorola M68040 处理器，而相应的存储电路，存储器 130 a1，存储器 130a2，直至存储器 130n1 和存储器 130n2，都是 4MB RAM。在最佳实施例中，处理器 130 执行这些涉及上行和下行数据协议的功能，诸如发送轮询消息或确认消息下行传送。处理器排列 120 的处理器 130a1 至 130n2 中每一个都与从信道接口 125a 至信道接口 125n 的信道接口（统称作信道接口 125）的相应的接收机和发射机相连，记作接收机 135a 至接收机 135n（统称作接收机 135）及发射机 136a 至发射机 136n（统称作发射机 136）。在最佳实施例中，根据所实施的功能，接收机 135a 至 135n 中的每一个可包括一个 Motorola M68302 处理器，一个 Motorola 56000 系列数字信号处理器，一个 ZIF SYN 集成电路，及一个 LSI Logic L64714（Reed-Solomon 解码器），用以解调及用以前向纠错与循环冗余校验解码。在最佳实施例中，仍根据所实施的功能，发射机 136a 至 136n 中的每一个可包括一个 Motorola M68302 处理器，一个 Motorola 56000 系列数字信号处理器，一个 ZIF SYN 集成电路，及一个 LSI Logic L64714（Reed-Solomon 编码器），用以调制及用以前向纠错与循环冗余校验编码。结果，如本文中所示，可认为信道接口 125 执行数据及其它信号接收和发射的功能，而与实施与否均可的专用硬件实施及其它辅助功能无关。所述的各种存储器，诸如存储器 122 或 131a1，还可被体现或包含在其相应的处理器中，诸如主控制器 121 或处理器 130a1。在下文中将参照图 4 和图 5 更详尽地说明这些根据本发明的各种部件的功能。

图 3 的方框图阐释了一种根据本发明的典型辅助站 110n（多个辅助站 110 中的一个）。该辅助站 110n 包括一个处理器（或处理器排列）150，该处理器 150 拥有或耦合于存储器 155。在最佳实施例中，该处理器 150 为 Motorola M68302 处理器（也称为集成多协议处理器），而该存储器 155 为 256K RAM。将处理器 150 耦合至接口 170，诸如以太网端口或 RS232 接口，用以连到计算机，工作站，或其它的数据终端装置（“DTE”）。还

可将处理器 150 耦合至信道接口 160，用以经由通信媒质 114 通信。在最佳实施例中，依据所实施的功能，信道接口 160 包括一个 Motorola M68HC11 集成电路，一个 ZIF SYN 集成电路，一个 Broadcom BCM3100 QAMLink 集成电路，一个 Motorola TxMod 集成电路，以及 LSI Logic L64711 和 L64714 集成电路，并执行许多用于数据和其它信号的接收与发射的功能，诸如前向纠错编码与解码，QAM 解调（用于下行线路接收），QPSK 调制（用于上行线路发射），传输级和频率调制。结果，如本文中所示，可认为信道接口 160 执行数据和其它信号的接收与发射的功能，而与实施与否均可的专用硬件实施及其它辅助功能无关。如存储器 155 所述的存储器还可被体现或包含在相应的处理器 150 中。在下文中将参照图 4 和图 5 更详尽地说明这些有关本发明的辅助站 110n 的部件的辅助功能。

如上所述，在最佳 CableComm™ 系统中，通信媒质的上行信道位于 5 至 42MHz 的频段中，易于受到来自普通噪声源的干扰。在上行信道中最好采用前向纠错，以补偿由噪声或其它失真引起的数据传输差错。前向纠错包含一个附加于用户数据上的纠错码，用以允许接收机对在数据传输期间已发生的误码的类型和大小予以校正。发射单元，诸如辅助站 110n 中的处理器 150 和信道接口 160，从用户数据中产生纠错码，并在发射期间将该编码数据附加在用户数据上。接收单元，诸如主站 101 中的接收机 135n 和处理器 130n2，使用编码数据来检测接收到的误码，并校正检测到的误码。结果，在接收实际的数据之前，接收单元应该知道，发射单元将采用哪种类型的纠错码，从而实现正确的解码和纠错。这通常可由先前协议来实现（例如，在传输系统的初始安装或配置期间），或在通信线路建立期间的谈判“握手”过程中。

此外，存在多种类型的纠错码，通常将其分类为用于校正随机比特误码的卷积码，和用于校正突发误码的分组码。可同时使用两种或多种纠错码，以获得比所有单独码的容量之和更大的总纠错容量或能力，这通常被称为“链接(concatenated)”码。普通的链接码使用一个卷积“内”码和一个分组“外”码。并且，通常使用一种“间插”技术来增加分组纠错码的性能，其中经由多个分组来扩散遭受突发误码的数据，由此为每个分组码提供更高的可能性，以校正大的突发误码的一小部分。用一种间插深度函数

来确定或测量间插技术的校正能力。还可使用 Trellis 编码技术。

最佳实施例在上行信道上的前向纠错中使用 Reed-Solomon 纠错码，无需附加卷积编码与间插。已知 Reed-Solomon 纠错码是一种码组，由此在一个长度固定的数据组上计算该纠错码。通常用一个参数对 (n, k) 来指定 Reed-Solomon 码，其中 n 为代码字长， k 为码组长度，由此一个 n 字节的代码字由 k 个数据字节和 $(n-k)$ 个冗余字节（代表纠错码信息）组成。可由 Reed-Solomon 码校正的符号差错的最大数目为 $t=(n-k)/2$ ，其中一个符号通常为一个 8 比特的字节。通常使用的 Reed-Solomon 码为一个 $(128, 122)$ 码，其中代码字长为 128 字节，每个代码字包括 122 个数据字节和 6 个冗余字节，从而使解码器能够在每个 128 字节代码字中校正多至 3 个字节差错。除了 Reed-Solomon 码之外，还可使用其它的纠错码和加密算法。

在普通的现有技术前向纠错实施例中，设定前向纠错参数为预定及固定值，以补偿通信信道上的特殊噪声级。如果通信信道上的噪声级变得过量，从而使噪声超过了前向纠错校正传输差错的能力，数据将被错误接收。在此情况下，必须重新传输数据，或者在最坏的情况下，该通信信道将作废。不论哪种情况，数据吞吐量都将严重降低（或消除）。

然而，前向纠错参数阐释了一方面，纠错码自身增加（利用原可用作数据以减少数据吞吐量的空间）的额外开销数量之间的平衡，以及另一方面，由于信道条件（可通过避免重新传输用来增加数据吞吐量）而需要的纠错数量之间的平衡。在最佳实施例中，为使给定通信信道上用户数据的吞吐量达到最大值，最佳纠错方法精确利用足够的纠错来补偿现有的噪声电平，并且不多也不少。任何更多的纠错能力都会由于传输纠错码信息引起的过量额外开销而降低吞吐量，而任何更少的纠错能力也会由于重新传输错误接收数据引起的额外开销而降低吞吐量。然而，通信信道上的噪声电平会随时间变化，由此在任意给定时间选择一套固定的小于最佳值的前向纠错参数。如上所述，一种现有技术方法选择一套固定的前向纠错参数来补偿普通的或预知的噪声电平 (noise level)，但当噪声变得过量时终止使用通信信道。这一利用固定纠错码参数的现有技术不适用于可用信道数目有限的情况，此时最好保持一个信道工作在降低的吞吐量级上，而不是完

全消除该信道的使用。

第二，最佳实施例的通信系统的另一目的涉及，减少由通信装置引入的吞吐延迟的数量。轮询协议中的吞吐延迟可定义为，例如，在前向纠错编码之前发送一个轮询消息与在前向纠错解码之后接收一个对该轮询消息的响应之间的时间量。前向纠错码通常由于前向纠错编码与解码的处理与计算的需要而引入这一吞吐延迟，该吞吐延迟的数量通常与代码的纠错能力成正比。例如，由间插/去间插过程引入的延迟正比于间插深度，而由 Reed-Solomon 编码/解码过程引入的延迟正比于冗余字节的代码字长和数目。

在下文中将更详尽地讨论到，本发明的装置和方法提供一种装置，用以基于诸如可变噪声或误码级的可变信道质量，发信号并改变前向纠错参数（通常用于上行信道中）。结果，本发明的最佳实施例提供一种优化数据吞吐量的机构，来改变噪声电平（以及相应的误码率），并同时提供一种按需或按要求降低吞吐延迟的机构。

图 4 的流程图阐释了根据本发明的信道监视和前向纠错参数调整。从起始步 300 开始，本方法开始在 305 步从多个等级 (degree) 的前向纠错中，接收含有第一或初始级前向纠错的编码数据。多个等级的前向纠错源于与各种代码与这些代码的各种参数有关的校正能力的可变级别。例如，不同的纠错能力源于诸如 (n, k) 参数的不同纠错参数的规格，例如 $(128, 122)$ ， $(200, 196)$ ，或 $(128, 124)$ ，源于包含不同类型的纠错码，诸如级联码，或包含间插（具有指定深度），并源于涉及这些代码的各个参数的规格。在最佳实施例中，当辅助站建立一个拥有主站的通信链路时，可在初始登记过程期间建立前向纠错的初始级。通常在最佳实施例中，该主站轮询各个辅助站，其中每个轮询消息包含一个辅助站标识符，一个上行信道号码，和在上行线路响应中用于前向纠错的参数。如图 5 所示，当辅助站在下行信道上接收到该轮询时，它在该轮询消息中指定的上行信道上，使用也在该轮询消息中指定的前向纠错参数作出响应。

仍然参照图 4，在 305 步中接收含有一个前向纠错初始级的编码数据之后，在 310 步中监视信道参数，例如监视分组误码率，比特误码率，噪声电平（诸如脉冲噪声电平或入口噪声电平），其它干扰，或其它与信道质

量, 误码率, 和所需的或必要的纠错能力级别相关联的参数或系数。例如, 监视误码率可包括监视多套误码率参数中的一套误码率参数, 其中多套误码率参数中包含比特误码率, 分组误码率, 突发误码率, 块误码率, 和帧误码率的多种组合中的任一种。接下来, 在 315 步中确定阈值电平, 诸如分组误码或比特误码的阈值电平(threshold level)。该阈值电平可以预定, 可以设定为缺省值, 或者可以是自适应的并根据容许的传输误码量选取各种值。例如, 在允许少量误码的情况下, 该阈值电平可以相对地很低。在吞吐量等待时间更重要并且可允许更大误码的情况下, 该阈值电平可以相对地较高。此后在 320 步中, 将信道参数(在 310 步中监视的)与阈值电平相比较, 320 步, 由此如果该信道参数未在预定的或自适应容许量或该阈值电平的范围内(即, 不等于该阈值电平加上或减去一个容许量(或变化量)), 则将按以下所述修正所采用的前向纠错级别。该容许量或变化级可以是预定的, 诸如固定的变化量, 或自适应的, 诸如可随时间改变的变化量。如果在 330 步中, 信道参数大于该阈值电平(可按需加上容许量), 从而表明该信道(及其有关噪声和失真)拥有相对较高的质量并导致较当前纠错码可校正的更少的误码, 则选择经修正的前向纠错参数, 使其拥有更低的前向纠错能力级别, 即能够校正更少的误码, 340 步。在此情况下, 选择更低或更少的前向纠错能力级别, 以减少在采用更大的纠错能力时涉及到的额外开销, 由于信道参数表明有更少的误码需要校正, 因此无需这种更大的纠错能力。相反, 如果在 350 步中信道参数小于该阈值电平(可按需减去容许量), 从而表明该信道(及其有关噪声和失真)拥有相对较低或较差的质量并导致较当前纠错码可校正的更多的误码, 则选择经修正的前向纠错参数, 使其拥有更高的前向纠错能力级别, 即能够校正更多的误码, 360 步。在此情况下, 选择更大或更高的前向纠错能力级别, 以减少在由过量误码导致的重新传输整个数据分组时所涉及到的额外开销, 由于信道参数表明有更多的误码需要校正, 因此无需这种更大的纠错能力。同等地, 根据所选择的信道参数, 诸如噪声电平或误码率, 可倒置或修改相对应的 330 和 350 步。例如, 如果选择的信道参数为误码率, 从而如果在 330 步中超过了含有选定容许量的阈值误码率级, 则选择经修正的前向纠错参数, 其在 340 步中拥有更高的前向纠错能力级别,

并在 350 和 360 步相应地修订。在 340 和 360 步之后，将修正的前向纠错参数发射给向例如特定辅助站，诸如辅助站 110m，370 步。由于可对每个相连的（或活动的）辅助站 110a 至 110n 重复这一过程，并可随时间重复（由于条件可能改变），因此预期为不同的辅助站确定并发射不同的修正前向纠错参数，并随时间为同一辅助站发射不同的修正前向纠错参数。各比较步骤 330 和 350 还可包括变化量或容许量级，由此除非信道参数不同于阈值电平达到一个预定的数量或变化量，可以不修正前向纠错，从而避免任何由于在前向纠错能力中相对较小的变化量和相应较小的改变量而导致的干扰或迟延。此外，由于误码参数可随时间变化，需要采用误码参数的平均值，而不是瞬时值。在 370 步之后该过程结束（返回 380 步），或者当信道参数等于阈值电平时，即在 330 步中信道参数不大于阈值电平且在 350 步中信道参数不小于阈值电平，或者信道参数离阈值电平在容许量或变化量的范围内。

在图 2 所示的最佳实施例装置中，利用由相应的接收机 135 执行的前向纠错解码得到的分组或比特误码数据，可在主站 101 并特别在每个处理器 130（及其有关存储器 131）中，将图 4 所述的方法编制并存储作一套程序指令用于后续执行。当在下行方向中需要或必要可调整的和动态的前向纠错能力的时候，也可在辅助站 110（诸如图 3 所述的辅助站 110n）的处理器 150 与存储器 155 中，将图 4 所述的方法编制并存储作一套程序指令用于后续执行。

总之，图 1 和图 4 阐释了一种在数据通信系统 100 中自适应前向纠错的方法，该数据通信系统拥有一种通信媒质（诸如 114，115 或 116），这些通信媒质含有多个通信信道。该方法包括：(a) 在多个通信信道的第一通信信道上接收编码数据，该编码数据含有多个前向纠错级别的第一级前向纠错（305 步）；(b) 监视第一通信信道的信道参数（例如误码率，入口噪声或脉冲噪声），以形成一个监视参数（310 步）；(c) 确定该信道参数的阈值电平（315 步）；(d) 将监视参数与阈值电平相比较（320 步）；(e) 当该参数不在该阈值电平的变化范围（预定的或自适应的）内时，将第一级前向纠错改变为多个前向纠错级别的第二级前向纠错（330，340，350 与 360 步）；并 (f) 在多个通信信道的第二通信信道上发射一个前向纠错修

正参数, 该前向纠错修正参数与第二级前向纠错相对应 (370步)。当然, 各个第一与第二通信信道可以是相同的或不同的逻辑或物理信道 (例如时分或频分复用信道)。

图5的流程图阐释了根据本发明的前向纠错调整与数据传输。在最佳实施例中, 对于上行线路数据传输, 也可将这种前向纠错调整与数据传输方法作为一套存储在辅助站110的处理器150与存储器155中的程序指令来执行。相应地, 当在下行方向中需要或必要可调整的和动态的前向纠错能力的时候, 也可在主站101并特别在其处理器排列120 (及其相关存储器) 中, 利用相关发射机136的前向纠错编码能力, 将图5所述的方法编制并存储作一套程序指令用于后续执行。

参照图5, 从起始步400开始, 在一个通信信道上传输含有 (多个前向纠错级别的) 起始级前向纠错的数据, 405步。该起始级前向纠错可在辅助站110n中预定, 诸如当前固定在其软件中, 或者可以从主站101处传信或以其它方式传输, 诸如如上所述以论询消息方式。然后监视该通信信道, 用以接收修正的前向纠错参数, 410步, 例如, 可以在一个发送给辅助站的专用论询消息中包含该参数, 或者在一个发送给所有辅助站的消息中广播该参数。此外, 虽然最佳实施例通过专用轮询或广播消息在链路层中采用信令, 该信令可在通信协议的任一层中执行, 例如物理层, 网络层, 或在软件下载中 (从主站101至辅助站110n)。如果在415步中未接收到修正级前向纠错, 例如, 由于接收到的论询继续指示当前的前向纠错级别, 或者由于未接收到一种专用论询或其它包含修正参数的消息, 则本方法继续以当前的前向纠错级别 (诸如起始级) 来发射数据, 420步, 并继续监视该通信信道的修正参数, 返回至410步。如果在415步中接收到修正级前向纠错, 则利用由修正前向纠错参数指示的修正级前向纠错来传输数据, 425步, 且程序结束, 返回430步。如上所述参照图4, 可为每个辅助设备并随时间 (当条件改变时) 重复此过程, 并可预期不同的辅助站将接收不同的修正前向纠错参数, 且随时间变化同一辅助站也接收不同的修正前向纠错参数。

总之, 图5阐释了一种在数据通信系统100中自适应前向纠错的方法, 该数据通信信道100含有一种通信媒质 (114, 115或116), 该通信媒

质含有多个通信信道。该方法包括：(a)在多个通信信道的第一通信信道上发射编码数据，以形成发射编码数据，该发射编码数据含有多个前向纠错级别的起始级前向纠错（405步）；(b)监视多个通信信道的第二通信信道的前向纠错修正参数（410步）；(c)确定是否该前向纠错修正参数指示了多个前向纠错级别的一个修正级前向纠错（415步）；(d)当该前向纠错修正参数未指示修正级前向纠错时，发射含有起始级前向纠错的编码数据（420步）；而(e)当该前向纠错修正参数指示了修正级前向纠错时，发射含有修正级前向纠错的编码数据（425步）。而且，如上所示，各个第一和第二通信信道可以是相同的或不同的逻辑或物理信道。

且总之，图2和图4阐释了一种在数据通信系统100中自适应前向纠错的装置101，该数据通信系统100含有一种通信媒质（114，115或116），而该通信媒质含有多个通信信道。装置101包括，第一，可与通信媒质114耦合的信道接口125，用以在多个通信信道的第一通信信道上发射编码数据来形成发射编码数据，并用以在多个通信信道的第二通信信道上接收编码数据来形成接收编码数据，该接收编码数据含有多个前向纠错级别的第一级前向纠错；第二，与信道接口125耦合的处理器排列120，该处理器排列120通过一套程序指令作出响应来监视第二通信信道的信道参数，从而形成监视参数；该处理器排列进一步作出响应，将监视参数与该信道参数的阈值电平作比较；且当该监视参数不在阈值电平的允许范围（或容许量）内时，该处理器排列进一步作出响应，将多个前向纠错级别的第一级前向纠错改变为第二级前向纠错，并经由该信道接口在第一通信信道上发射一个前向纠错修正参数，该前向纠错修正参数对应于第二级前向纠错。如上所述，可以在装置101中实施该装置，也可将其称作为主装置或主收发信机。诸如信道接口125n的信道接口还可包括一个接收机和发射机，诸如接收机135n和发射机136n。处理器排列还可进一步包括：与信道接口125耦合的第一处理器，诸如处理器130n1；与信道接口125耦合的第二处理器，诸如处理器130n2；以及与第一处理器和第二处理器耦合的主控制器，诸如主控制器121。

且总之，图3和图5阐释了一种在数据通信系统100中自适应前向纠错的装置，该数据通信系统100含有一种通信媒质，而该通信媒质含有多个

通信信道。该装置包括，第一，可与通信媒质 114 耦合的信道接口 160，用以在多个通信信道的第一通信信道上发射编码数据来形成发射编码数据，并用以在多个通信信道的第二通信信道上接收编码数据来形成接收编码数据；与信道接口 160 耦合的处理器（或处理器排列）150（包括含有存储器 155 的处理器 150），该处理器排列 150 通过一套程序指令作出响应，将发射编码数据设置为多个前向纠错级别的当前（或起始）级前向纠错；该处理器排列进一步作出响应，监视第二通信信道来接收前向纠错修正参数，并确定是否该前向纠错修正参数指示了多个前向纠错级别的修正级前向纠错；且该处理器排列进一步作出响应，当前向纠错修正参数未指示修正级前向纠错时，发射含有当前（或起始）级前向纠错的编码数据，而当前向纠错修正参数指示了修正级前向纠错时，发射含有修正级前向纠错的编码数据。如上所述，该处理器排列可以是处理器排列 120，处理器 150 或者还可以是与存储器 155 耦合的处理器 150。

在最佳实施例的下行线路论询中携带的前向纠错参数可以指定纠错码的类型和每个纠错码的参数。根据所选实施例和采用的代码类型，可以以多种方式指定前向纠错参数。例如利用 Reed-Solomon 代码，可以直接采用诸如 (128, 122) 的两字节来指定 (n, k) 参数。在最佳实施例中，为减少论询和其它消息中的额外开销内容，采用一种一字节参数作为一种包含多达 256 个变量或 Reed-Solomon (n, k) 参数组合的图表（查阅表）的索引。根据在所选通信系统，诸如 CableComm™ 系统，中最有可能采用的那些来选择 (n, k) 参数的 256 种组合。例如在最佳实施例中，不发射两字节专用信息 (128, 122)，而是发射一个含有一字节信息的参数作为存储在存储器中的查阅表的索引（或指针），然后将其翻译或转换为所选 (n, k) 组合，诸如 (128, 122)。且在最佳实施例中，如果信道有足够低的噪声，可完全禁止前向纠错，并可利用一套专用的操作参数单独起劲或禁止各个类型的纠错（例如，卷积编码，块编码，级联，和间插）。

虽然对于 CableComm™ 系统而言，在每个下行线路论询中都携带前向纠错修正参数是优选的方法，一种可选方法是使用一种专用的下行线路消息，该消息只在修正了纠错能力时才被发射。这便消除了在下行线路论询中携带此信息而导致的额外开销，而此信息可能是频繁发送的消息。并且，除

了指定前向纠错修正参数外，主站还可在起始时指定用于上行线路传输的模拟参数，例如调制模式，载频，比特率，波特率，及每个载波的带宽，也可在此之后对其修改。改进的吞吐量可通过改变模拟参数来实现，诸如调制模式，而非前向纠错，其中由前向纠错增加的额外开销量大于由更慢但更大的强调制模式而引起的吞吐量损耗。这样，为了补偿信道恶化，主站可改变模拟参数，前向纠错，或者两者。

虽然最佳实施例采用论询/响应协议，本发明也可应用到非论询协议，并可应用相同的或不同的信令技术用以动态适应前向纠错的类型与前向纠错参数。本发明还可用在将拨号或其它线路用作上行信道的情况下。即使拨号线路是一个专用信道，在公共交换网上的信道特性可随时间改变，也可从连接到连接改变。由此，可使用动态自适应前向纠错来改善这种专用信道上的吞吐量。

根据本发明，为各个信道动态适应前向纠错级别的能力提供了几个重要的优点。第一，它允许连续使用那些在使用现有技术固定级前向纠错的实施例中已被取消所有业务的信道。虽然由于增加了更强的纠错码的额外开销从而减少了给定信道的通过速率，通过利用一个其它的无法接受的信道可增加通信信道的全部吞吐量。第二，本发明的装置和方法允许为每个信道定制纠错级别，因此与补偿专用和实际噪声电平（而非与预定的或预期的噪声级）所需的数量相比，一个“空白”信道并不携带更大数量的额外开销或引入更大数量的吞吐延迟。

从前所述，可观察到，无需偏离本发明新概念的精神和范围，就可完成许多变化和修改。对于在此阐述的专用方法和装置没有设定或应该推出任何限制。当然，所附权利要求书意于覆盖所有位于该权利要求书的范围内的修改。下述权利要求书将进一步定义本发明。

图 1

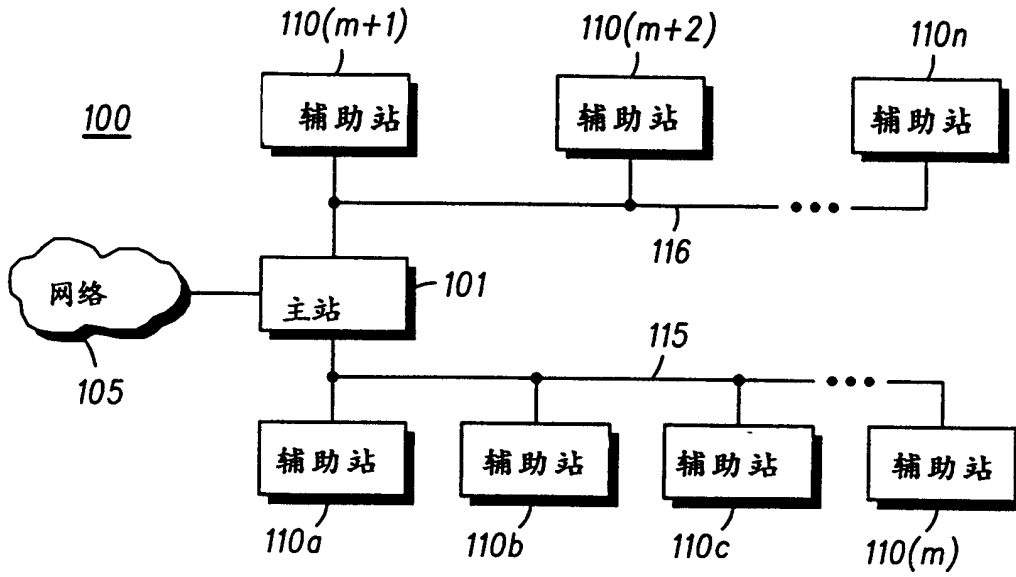
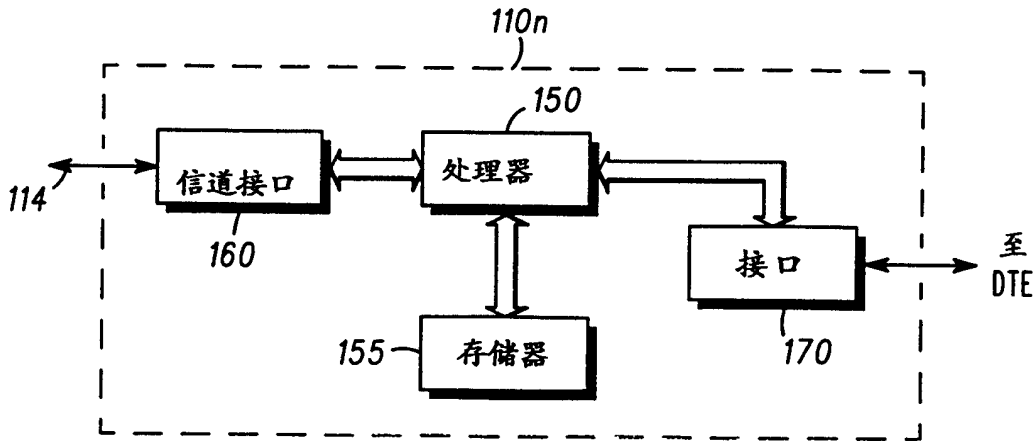


图 3



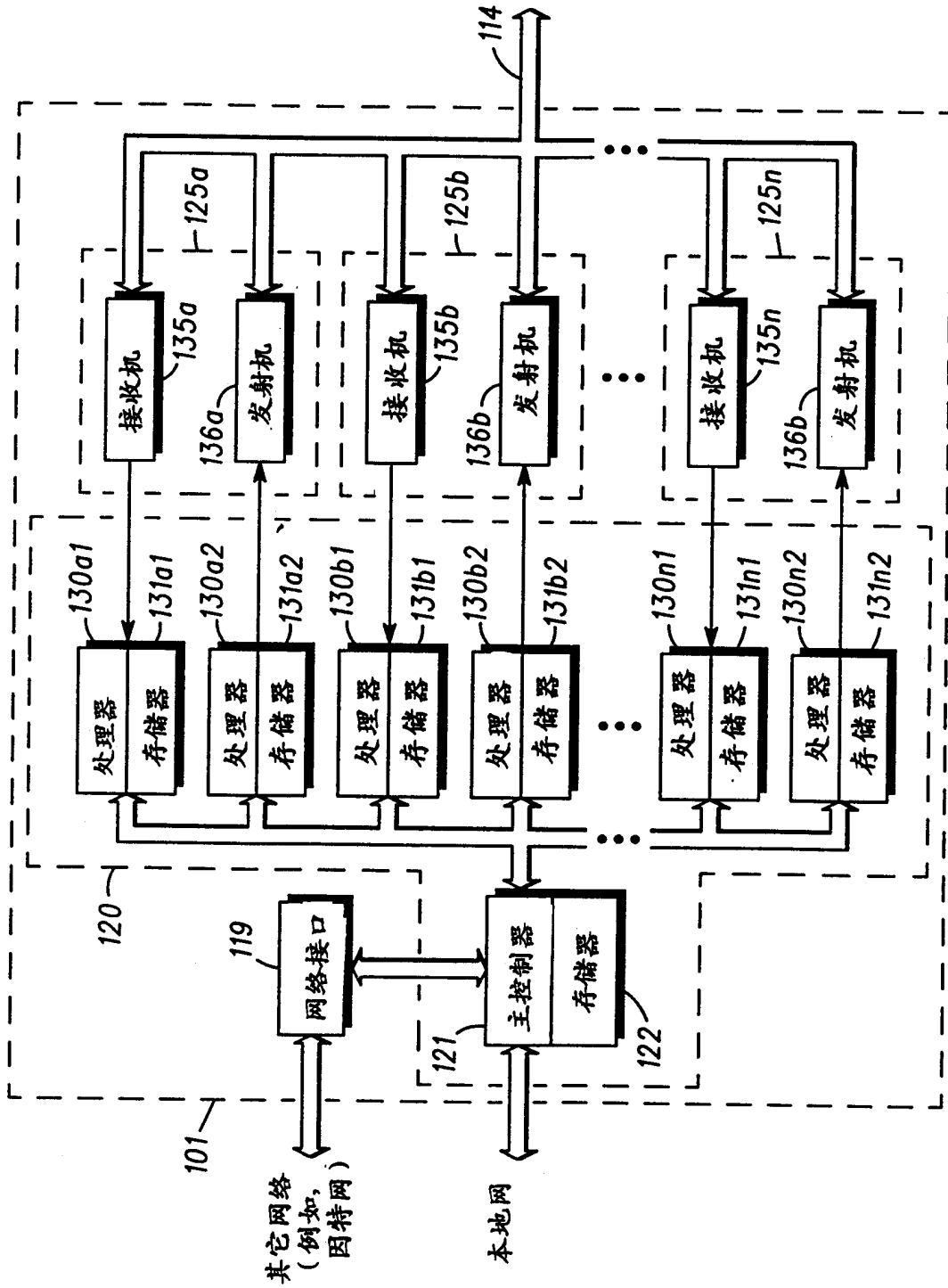


图 2

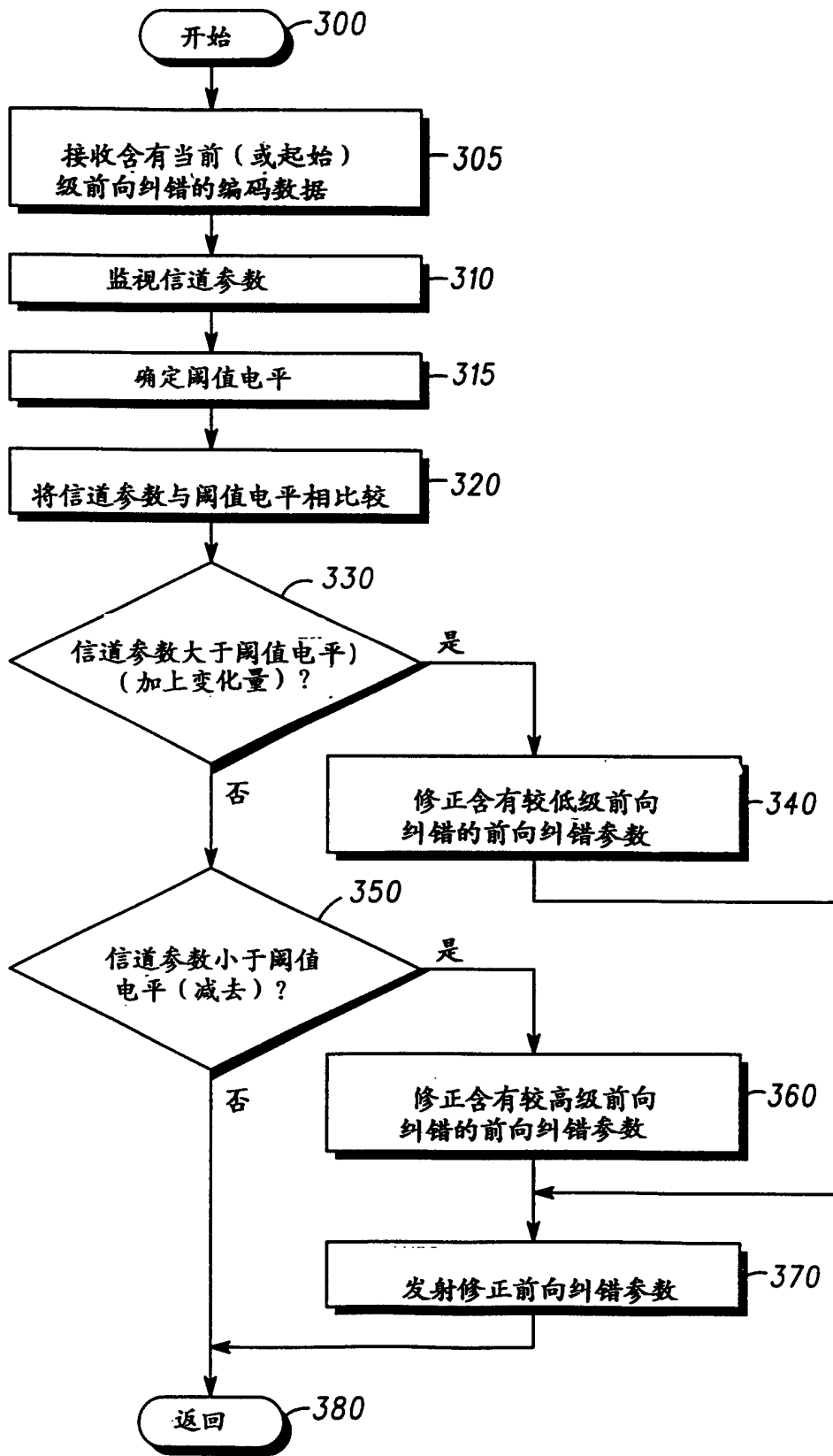


图 4

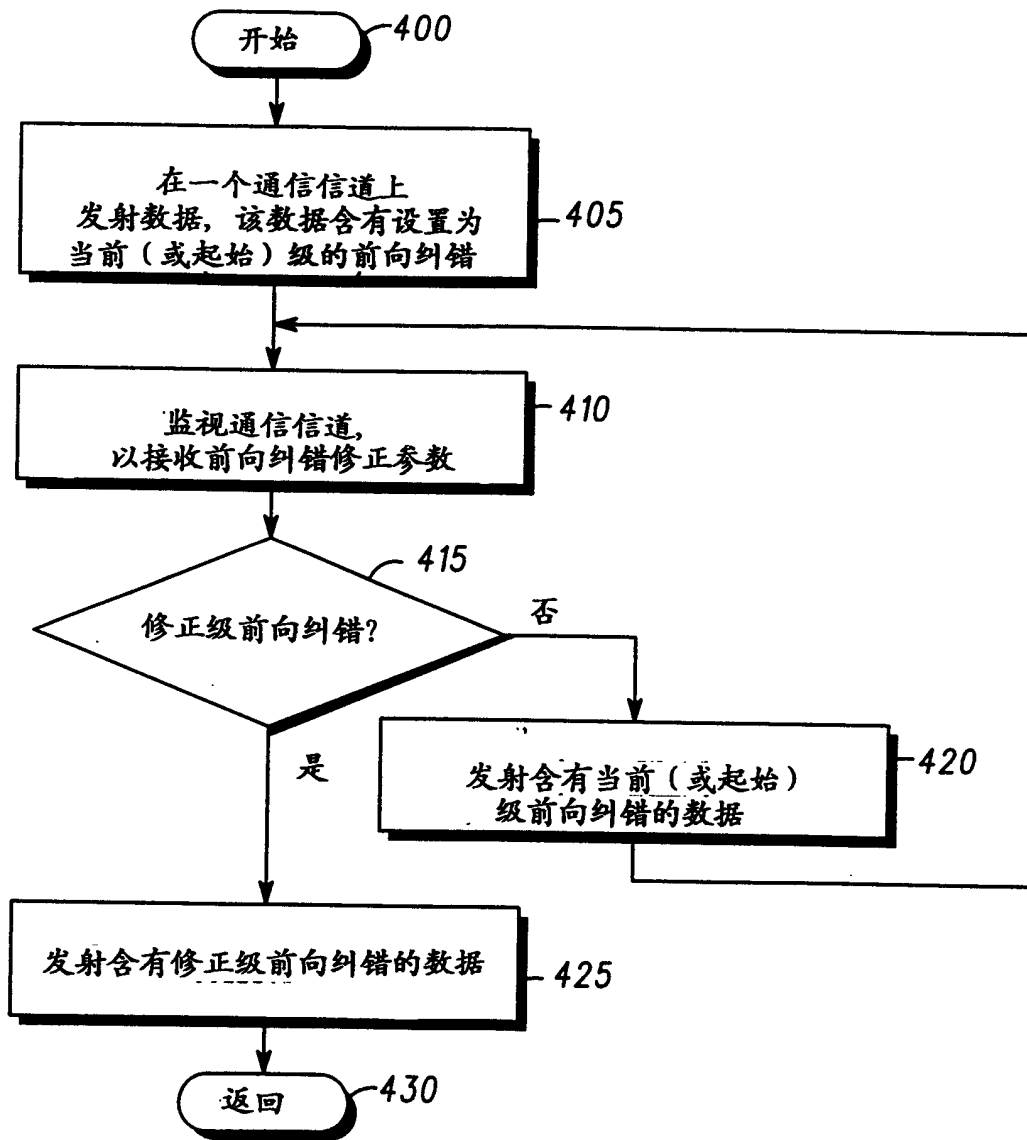


图 5