[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
H04L 1/22 (2006.01)
G06F 11/10 (2006.01)

[12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 200510083065.8

[43] 公开日 2006 年 4 月 12 日

[11] 公开号 CN 1758581A

[22] 申请日 2005.7.8
[21] 申请号 200510083065.8
[30] 优先权
[32] 2004.10.7 [33] US [31] 10/960,607
[71] 申请人 国际商业机器公司
地址 美国纽约阿芒克
[72] 发明人 詹姆斯·R·加拉格尔 宾·K·瓦西瓦拉马·K·科杜库拉 布鲁斯·亨利·拉特克利夫
[74] 专利代理机构 北京市金杜律师事务所
代理人 朱海波

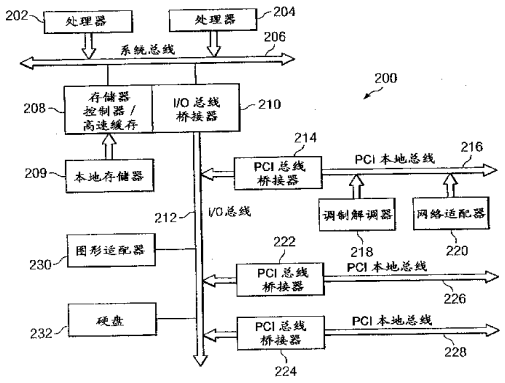
权利要求书 3 页 说明书 9 页 附图 3 页

[54] 发明名称

保护输入/输出总线与网络间传输数据完整性的方法和系统

[57] 摘要

保护在数据处理系统的输入/输出总线和外部网络间传输的数据的完整性的方法、系统和计算机程序产品。用于保护在输入/输出总线和网络间传输的数据的完整性的方法包括在输入/输出总线与适配器间的接口上为从输入/输出总线传输到网络的数据产生循环冗余检验(CRC)值，并在输入/输出总线与适配器间的接口上为从网络传输到输入/输出总线的数据校验 CRC 值。通过在输入/输出总线和适配器间的接口上加入 CRC 发生器和 CRC 校验器，为在输入/输出总线和网络间传输的数据提供了点对点的数据的完整性保护。



1. 一种在数据处理系统中，用于保护在输入/输出总线与网络间所传输的数据的完整性的方法，该方法包括:

在输入/输出总线与适配器间的接口上为从输入/输出总线传输到网络的第一数据产生第一循环冗余校验值；并且

在输入/输出总线与适配器间的接口上为从网络传输到输入/输出总线的第二数据校验第二循环冗余校验值。

2. 根据权利要求 1 的方法，进一步包括:

在适配器和网络之间的接口之前为第一数据校验第一循环冗余校验值。

3. 根据权利要求 2 的方法，进一步包括:

校验第一循环冗余校验值之后，在适配器和网络之间的接口之前为第一数据产生第三循环冗余校验值。

4. 根据权利要求 1 的方法，进一步包括:

产生第一循环冗余校验值之前，在输入/输出总线和适配器间的接口上为第一数据校验第四循环冗余校验值。

5. 根据权利要求 1 的方法，进一步包括:

校验第二循环冗余校验值之后，在输入/输出总线和适配器间的接口上为第二数据产生第五循环冗余校验值。

6. 根据权利要求 1 的方法，其中第一数据中包含第一数据包，且第二数据中包含第二数据包。

7. 根据权利要求 6 的方法，进一步包括:

在适配器的发送包缓冲器中存储第一循环冗余校验值，并且在适配器的接收包缓冲器中存储第二循环冗余校验值。

8. 根据权利要求 1 的方法，其中输入/输出总线包括外围部件互连输入/输出总线结构。

9. 一种数据处理系统，包括:

输入/输出总线;

连接到输入/输出总线的适配器，用于在输入/输出总线和网络间传输数据；

位于输入/输出总线与适配器间接口上的第一循环冗余校验发生器，用于为从输入/输出总线传输到网络的第一数据产生第一循环冗余校验值；

位于输入/输出总线与适配器间接口上的第一循环冗余校验校验器，用于为从网络传输到输入/输出总线的第二数据校验第二循环冗余校验值。

10. 根据权利要求 9 的系统，进一步包括：

第二循环冗余校验校验器，用于在适配器与网络间的接口之前为第一数据校验第一循环冗余校验值。

11. 根据权利要求 9 的系统，进一步包括：

第二循环冗余校验发生器，用于在校验第一循环冗余校验值之后，在适配器与网络间的接口之前为第一数据产生第三循环冗余校验值。

12. 根据权利要求 9 的系统，进一步包括：

第三循环冗余校验校验器，用于在产生第一循环冗余校验值之前，在输入/输出总线与适配器间的接口中为第一数据校验第四循环冗余校验值。

13. 根据权利要求 9 的系统，进一步包括：

第三循环冗余校验发生器，用于在校验第二循环冗余校验值之后，在输入/输出总线与适配器间的接口中为第二数据产生第五循环冗余校验值。

14. 根据权利要求 9 的系统，其中第一数据中包含第一数据包，第二数据中包含第二数据包。

15. 根据权利要求 14 的系统，进一步包括：

第一存储器，用于在适配器的传送包缓冲器中存储第一循环冗余校验值；第二存储器，用于在适配器的接收包缓冲器中存储第二循环冗余校验值。

16. 根据权利要求 9 的系统，其中输入/输出总线包括外围部件互连输入/输出总线结构。

17. 一种在数据处理系统中，用于保护从输入/输出总线传输到网络的数据的完整性的方法，该方法包括：

在输入/输出总线与适配器间的接口中为从输入/输出总线传送到网络的数据产生循环冗余校验值。

18. 根据权利要求 17 的方法，进一步包括：

在适配器与网络间的接口之前为数据校验循环冗余校验值。

19. 一种在数据处理系统中，用于保护从网络传送到输入/输出总线的数据的完整性的方法，该方法包括：

在输入/输出总线与适配器间的接口上为从网络传送到输入/输出总线的数据校验循环冗余校验值。

20. 一种在计算机可读介质中，用于保护在输入/输出总线和网络间传输的数据的完整性的计算机程序产品，它包括：

第一指令，用于在输入/输出总线与适配器间的接口上为从输入/输出总线传输到网络的第一数据产生第一循环冗余校验值；

第二指令，用于在输入/输出总线与适配器间的接口上为从网络传输到输入/输出总线的第二数据校验第二循环冗余校验值。

21. 根据权利要求 20 的计算机程序产品，进一步包括：

第三指令，用于在适配器与网络间的接口之前，为第一数据校验第一循环冗余校验值。

22. 根据权利要求 20 的计算机程序产品，进一步包括：

第四指令，用于在校验了第一循环冗余校验值之后，在适配器与网络间的接口之前为第一数据产生第三循环冗余校验值。

23. 根据权利要求 20 的计算机程序产品，进一步包括：

第五指令，用于在产生第一循环冗余校验值之前，在输入/输出总线与适配器间的接口上为第一数据校验第四循环冗余校验值。

24. 根据权利要求 20 的计算机程序产品，进一步包括：

第六指令，用于在校验第二循环冗余校验值之后，在输入/输出总线与适配器间的接口上为第二数据产生第五循环冗余校验值。

保护输入/输出总线与网络间传输数据完整性的方法和系统

技术领域

本发明通常与数据处理领域相关，特别是与一种保护在数据处理系统的输入/输出总线与外部网络间传输的数据的完整性的方法、系统和计算机程序产品相关。

背景技术

在过去十年中，LAN（局域网）技术，特别是以太网技术以每三到四年十倍的速度提高着介质的速度。相比之下，在相同时期内，CPU（中央处理单元）的速度大约每二年仅提高一倍。因此，CPU 正在成为高速输入/输出性能系统的瓶颈。

为了减轻由于介质速度提高而导致的 CPU 额外的工作量，本地主机的功能被越来越多地转移给输入/输出（I/O）适配器。但是，这些被转移的功能已经引起了数据完整性问题。由于成本的原因，对适配器厂商来说，为存储元件，如片内 FIFOs（先入先出）、外部存储器和其他临时存储器，提供充分的错误校验不是他们的惯例。

TCP/IP（传输控制协议/互联网协议）标准采用的“校验和”要求提高了数据完整性。校验和既能在主机上执行，又能在适配器逻辑上执行。当 TCP/IP 校验和在适配器逻辑上执行时，必须注意保证错误的数据是由 TCP/IP 校验和检测出的。只有当所有的数据路径沿着全部数据路径被错误保护时，这一点才能保证。

采用 PCI-Express(外围部件互连)总线结构，通过基于 PCI-Express 的 I/O 链路的循环冗余校验（CRC）技术，I/O 总线协议具有了改进的数据完整性保护。图 4 是示意性地说明了安装在数据处理系统内部的以太网适配器系统的方框图，该数据处理系统中具有 PCI-Express

总线结构，这种结构在该领域是众所周知的且有助于解释该发明。适配器系统概括地由参考数字 400 表示，且连接数据处理系统的 I/O 总线 402 到外部网络 406，以实现数据处理系统的存储器 404 到网络 406 间的数据传输。

如图 4 所示，在从 I/O 总线 402 到网络 406 传输数据的发送路径上，CRC 校验器 412 位于 I/O 总线 402 和适配器 430 间的接口上，该接口由被 PCI-Express 结构指定的 I/O 连接 414 定义。CRC 校验器 412 校验来自存储器 404 并通过 I/O 总线 402 的数据包的 CRC 值。该数据包从 I/O 总线 402 传输到网络 406，它要通过在适配器 430 上的 Tx 包缓冲器 416 和 Tx MAC（介质访问控制）418，然后再到达网络 406。

在通过适配器/网络接口传输到网络 406 之前，适配器 430 中的 CRC 发生器 420 为将要传输到网络 406 的数据包产生 CRC 值。

在从网络 406 到 I/O 总线 402 传输数据的接收路径上，适配器 430 中的 CRC 校验器 422 校验通过适配器/网络接口、来自网络 406 的数据包的 CRC 值。接收到的数据经由适配器 430 中的 Rx 介质访问控制 424 和 Rx 包缓冲器 426 传输到适配器 430 和 I/O 总线 402 间的接口中的 I/O 连接 414。在 I/O 连接 414 中的 CRC 发生器 428 为将通过 I/O 连接 414 传送到 I/O 总线 402 的数据包生成 CRC 值。

以太网适配器系统 400 只在物理层生成和校验 CRC 值，且数据的完整性只在网络中的物理介质上得到保护。因此，虽然在 PCI-Express 中和适配器的存储器中进行了奇偶校验，但是这种错误校验不像点对点 CRC 校验所提供的功能那样强大，因为奇偶校验不能检测出双位错误或与可寻址性有关的错误。

因此，希望对数据处理系统中的输入/输出总线和外部网络间传输的数据提供一种点对点数据完整性保护。。

发明内容

本发明提出了一种保护在数据处理系统的输入/输出总线和外部网络间传输的数据完整性的方法、系统和计算机程序产品。用于保护

在输入/输出总线和网络间传输的数据完整性的方法包括在输入/输出总线与适配器间的接口中为从输入/输出总线传输到网络的数据产生循环冗余检验（CRC）值，并在输入/输出总线与适配器间的接口中为从网络传输到输入/输出总线的数据校验 CRC 值。通过在输入/输出总线和适配器间的接口中加入 CRC 发生器和 CRC 校验器，为在输入/输出总线和网络间传输的数据提供了点对点的数据完整性保护。

附图说明

被认为是本发明的特点的新颖的特征在所附的权利要求中阐明。但是，本发明的本身，其最优使用模式以及进一步的目标和优点将在阅读以下参考附图的对说明性实施例的详细描述中得到充分理解，其中：

图 1 是一个可以使用本发明的数据处理系统网络的图示性说明。

图 2 是根据本发明的优选实施例的，可能作为服务器使用的数据处理系统的方框图。

图 3 是根据本发明的优选实施例的，可能做为客户端使用的数据处理系统。

图 4 是示意性地说明了安装在数据处理系统内部的以太网适配器系统的方框图，该数据处理系统中具有 PCI-Express 总线结构，这种结构在该领域是众所周知的，有助于解释该发明。

图 5 是示意性地说明了安装在根据本发明的优选实施例的数据处理系统内部的以太网适配器系统的方框图，该数据处理系统中具有 PCI-Express 总线结构。

图 6 是说明了根据本发明的优选实施例的保护从数据处理系统的输入/输出总线到外部网络所传输数据的完整性的方法的流程图。

图 7 是说明了根据本发明实施例的保护从外部网络到数据处理系统的输入/输出总线所传输数据的完整性的方法的流程图。

具体实施方式

参考这些附图，图 1 图示性地描述了可以实现本发明的数据处理系统网络。网络数据处理系统 100 是可以实现本发明的计算机网络。网络数据处理系统 100 中包含一个网络 102，用于为在网络数据处理系统 100 内部连接在一起的不同设备和计算机间的通信链路提供通信介质。网络 102 可包括各种连接，如有线、无线通讯链路或光纤。

在所描述的例子中，服务器 104 连同存储单元 106 一起连接到网络 102。此外，客户端 108、110 和 112 也连接到网络 102。这些客户端 108、110 和 112 可能会是，例如，个人计算机或网络计算机。在所述例子中，服务器 104 为客户端 108—112 提供数据，如引导文件、操作系统映像和应用程序。客户端 108、110 和 112 是服务器 104 的客户端。网络数据处理系统 100 还会包括另外没有示出的服务器、客户端和其它设备。在所述例子中，网络数据处理系统 100 是具有网络 102 的互联网，网络 102 代表世界范围的网络和网关的集合，它们使用传输控制协议/互联网协议（TCP/IP）的协议组互相通信。主要节点或主机间的高速数据通信线链路位于因特网的核心，它由数千发送数据和消息的商业、政府、教育和其他计算机系统组成。当然，网络数据处理系统 100 也可以由多个不同类型的例如内联网、局域网（LAN）或广域网（WAN）的网络来实现。图 1 意在举例说明，不是作为对该发明的结构体系限制。

参考图 2，其为根据本发明优选实施例描述了用作服务器的，如图 1 中的服务器 104 的数据处理系统的方框图。数据处理系统 200 可以是对称多处理器（SMP）系统，该系统包括连接到系统总线 206 的多个处理器 202 和 204。作为选择，也可采用单处理器系统。存储控制器/高速缓存 208 也连接到系统总线 206，它提供到本地存储器 209 的接口。I/O 总线桥接器 210 连接到系统总线 206，并提供到 I/O 总线 212 的接口。存储器控制器/高速缓存 208 和 I/O 总线桥接器 210 可以如所述的那样集成到一起。

连接到 I/O 总线 212 的外围部件互连（PCI）总线桥接器 214 提供到 PCI 本地总线 216 的接口。多个调制解调器可连接在 PCI 本地总线

216 上。典型的 PCI 总线的实现支持四个 PCI 扩展槽或内插附件连接器。图 1 中到客户端 108—112 的通讯链路可通过调制解调器 218 和通过内插附件连接器连接到 PCI 本地总线 216 的网络适配器 220 来提供。

附加的 PCI 总线桥接器 222 和 224 向附加的 PCI 本地总线 226 和 228 提供接口，通过这些总线支持附加的调制解调器或网络适配器。以这种方式，数据处理系统 200 允许到多个网络计算机的连接。如图所示，存储器映像图形适配器 230 和硬盘 232 也可以直接或间接连接到 I/O 总线 212。

本领域普通技术人员将理解图 2 所示的硬件可以变化。例如，其他的外围设备，如光驱和类似设备，也可以加入或替代所述硬件。所示例子并非意在暗示关于本发明结构上的限制。

举例来说，图 2 所示的数据处理系统可以是，IBM eServer pSeries 系统，该系统是位于纽约 Armonk 的国际商用机器公司（IBM）的产品，其上运行着高级交互执行程序（AIX）操作系统或 LINUX 操作系统。

参考图 3，即说明了数据处理系统的方框图，其中可以实施本发明。数据处理系统 300 是客户端计算机的例子。数据处理系统 300 采用了外围部件互连（PCI）本地总线结构。虽然所述例子采用了 PCI 总线，但是其他总线结构，如图形加速端口（AGP）和工业标准结构（ISA）也可以使用。处理器 302 和主存储器 304 经由 PCI 桥接器 308 连接到 PCI 本地总线 306。PCI 桥接器 308 也可以包括用于处理器 302 的集成存储控制器和高速缓存。到 PCI 本地总线 306 的附加连接可以通过直接元件互连或通过内插附件板形成。在所述例子中，局域网（LAN）适配器 310、小型计算机系统接口（SCSI）主机总线适配器 312 和扩展总线接口 314 通过直接元件连接而连接连到 PCI 本地总线 306。与之相对比，音频适配器 316、图形适配器 318 和音频/视频适配器 319 通过插入到扩展槽的内插附件板而连接到 PCI 本地总线 306。扩展总线接口 314 为键盘和鼠标适配器 320、调制解调器 322 和附加

存储器 324 提供连接。SCSI 主机总线适配器 312 为硬盘驱动器 326、磁带驱动器 328 和 CD-ROM 驱动器 330 提供连接。典型的 PCI 本地总线的实现将支持三或四个 PCI 扩展槽或内插附件连接器。

一个操作系统运行于处理器 302 上，并被用于协调和提供对图 3 中数据处理系统 300 内部不同部件进行的控制。该操作系统可能是通过商业途径获得的操作系统，如 Windows XP，可从微软公司得到。一个面向对象的编程系统如 Java 可能与操作系统协同运行，并从在数据处理系统 300 上执行的 Java 程序或应用软件向操作系统提供调用。“Java” 是 SUN 微系统（Microsystems）公司的商标。对操作系统、面向对象编程系统和应用软件或程序的指令位于存储设备中，如硬盘驱动器 326，并且可以加载到主存储器 304 中以由处理器 302 执行。

本领域技术人员将理解图 3 所示的硬件将会根据实现方式发生变化。其他的内部硬件或外围设备，如闪存只读存储器（ROM），等效非易失性存储器，或光盘驱动器以及类似设备可以加入或替代图 3 中所述硬件。同时，本发明中的处理也可以应用到多处理器数据处理系统中。

作为另外一个例子，数据处理系统 300 可以是独立的系统，配置为不需依靠某种类型的网络通信接口进行引导。作为又一个例子，数据处理系统 300 可以是个人数字助理（PDA）设备，其配置有 ROM 和/或闪存 ROM，这样可为保存操作系统文件和/或用户产生的数据提供非易失性存储器。

图 3 中所述的例子和上述例子并非意在暗示结构的限制。例如，数据处理系统 300 除了采用 PDA 的形式外，还可以是笔记本电脑或手提电脑。数据处理系统 300 还可以是自助式服务亭或网络设备。

本发明为数据处理系统（如图 2 中的系统 200）中的输入/输出总线和外部网络（如图 1 中的网络 102）间传输的数据提供点对点数据完整性保护。

根据本发明的优选实施例，点对点数据完整性保护是通过在具有 PCI-Express 总线结构的 I/O 总线和以太网 I/O 适配器间的接口中增加

CRC 发生器和 CRC 校验器逻辑实现的。该新的逻辑为以直接存储器访问方式（DMAs）访问适配器的数据包产生 CRC 值，并为以直接存储器访问方式（DMAs）访问数据处理系统存储器的数据包校验 CRC 值。

图 5 是示意性地说明安装在根据本发明优选实施例的数据处理系统内部的以太网适配器系统的方框图，该数据处理系统中具有 PCI-Express 总线结构。以太网适配器系统通常以参考数字 500 表示，它在很多方面和图 4 中的以太网适配器系统 400 类似，图 5 中相似的元件以相对应的参考数字表示。

图 5 中适配器系统 500 与图 4 中适配器系统 400 的区别在于：适配器系统 500 进一步在 PCI-Express 内核 514 中包括了 CRC 发生器 540，它位于数据从 I/O 总线 502 传输到网络 506 的发送路径内的 I/O 总线 502 和 I/O 适配器 530 间的接口中；PCI-Express 内核 514 中还包括了 CRC 校验器 542，它位于数据从网络 506 传输到 I/O 总线 502 的接收路径内的 I/O 总线 502 和适配器 530 间的接口中。

在适配器系统 500 中，当数据包从数据处理系统存储器 504 通过 I/O 总线 502 时 CRC 发生器 540 为数据包产生 CRC 值。在数据通过适配器 530 和网络 506 间的接口之前，由适配器 530 中的 CRC 校验器/发生器 544 校验 CRC 值。CRC 发生器 540 协同 CRC 校验/发生器 544 一起保护了在 I/O 总线/适配器接口和适配器/网络接口间从 I/O 总线 502 传输到网络 506 的数据的完整性。

在接收路径，CRC 校验器 522 为来自网络 506、通过适配器/网络接口的数据包校验 CRC 值，并且当适配器的 DMA 引擎通过 I/O 总线/适配器接口发送数据包到数据处理系统存储器 504 时，新的 CRC 校验器 542 再次校验 CRC 值。因此，从网络 506 到存储器 504 所传输数据的完整性在适配器/网络接口和 I/O 总线/适配器接口间得到保护。

仍如图 5 所示，由 CRC 发生器 540 产生的 CRC 值存储在 Tx 包缓冲器 516 中，如 534 处所示；来自网络 506 的数据包的 CRC 值存储在 Rx 包缓冲器 526 中，如 536 处所示。

通过在 I/O 总线 502 与适配器 530 间的接口上的传送路径中包含 CRC 校验器以及在接收路径中包含 CRC 校验器，提供了点对点数据完整性保护，并且适配器变得足够鲁棒以加载 TCP/IP 校验和到适配器中，确保了校验和总是基于正确数据而计算得到。

图 6 是说明根据本发明的优选实施例的保护从数据处理系统的输入/输出总线到外部网络所传输的数据的完整性的方法的流程图。该方法概括地由参考数字 600 表示，其自校验来自数据处理系统的存储器、通过 I/O 总线、流向以太网 I/O 适配器的数据包的 CRC 值开始（步骤 602）。数据包的 CRC 值接着在 I/O 总线/适配器的接口中产生（步骤 604）。其后在通过适配器/网络接口向网络发送数据包之前，再次校验 CRC 值（步骤 606）。

图 7 是说明根据本发明优选实施例的保护从外部网络到数据处理系统的输入/输出总线所传输的数据的完整性的方法的流程图。该方法概括地由参考数字 700 表示，其自校验来自网络、通过网络/适配器接口的数据包的 CRC 值开始（步骤 702）。而后当适配器的 DMA 引擎发送数据包到数据处理系统的存储器时，该 CRC 值在适配器与 I/O 总线间的接口中再次被校验（步骤 704）。在步骤 704 中再次校验后，CRC 值在适配器与 I/O 总线间的接口中产生（步骤 706）。

因此本发明提出了一种保护在数据处理系统的输入/输出总线和外部网络间传输的数据完整性的方法、系统和计算机程序产品。用于保护在输入/输出总线和网络间被传输的数据完整性的方法包括在输入/输出总线与适配器间的接口中为从输入/输出总线传输到网络的数据产生循环冗余检验（CRC）值，并在输入/输出总线与适配器间的接口中为从网络传输到输入/输出总线的数据校验 CRC 值。通过在输入/输出总线和适配器间的接口中加入 CRC 发生器和 CRC 校验器，为在输入/输出总线和网络间传输的数据提供了点对点的数据完整性保护。

非常值得注意的是，虽然本发明是在全功能数据处理系统的情况下描述的，但是本领域技术人员将会理解本发明的处理能够以指令的计算机可读介质的形式及多种形式发布，并且不管实际进行发布的信

号载体是何种特定类型本发明也等同地适用。计算机可读介质的例子包括记录型介质，如软盘、硬盘驱动器、RAM、CD-ROM、DVD-ROM，以及传输型介质，如数字和模拟通讯链路，采用传输形式的有线或无线通信链路，如射频或光波传输。计算机可读介质可采取编码的形式，在特定的数据处理系统中实际使用时再解码。

所提供的本发明的描述是为了举例说明和叙述，不意味着无遗漏或限制于本发明所包括的形式。许多修改和变化对本领域技术人员而言是非常明显的。选择和描述的实施例是为了更好地解释本发明的原理，实际应用，和确保本领域其他的技术人员能够理解为适应预期的特定用途而对该发明进行了各种修改后的各种实施例。

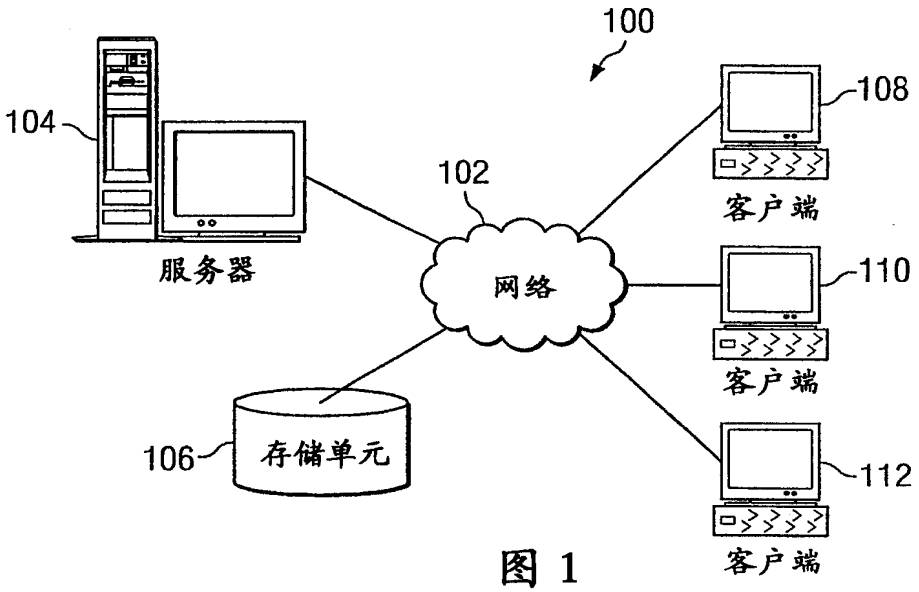

100
104
服务器
102
网络
108
客户端
110
客户端
112
客户端
106
存储单元

图 1

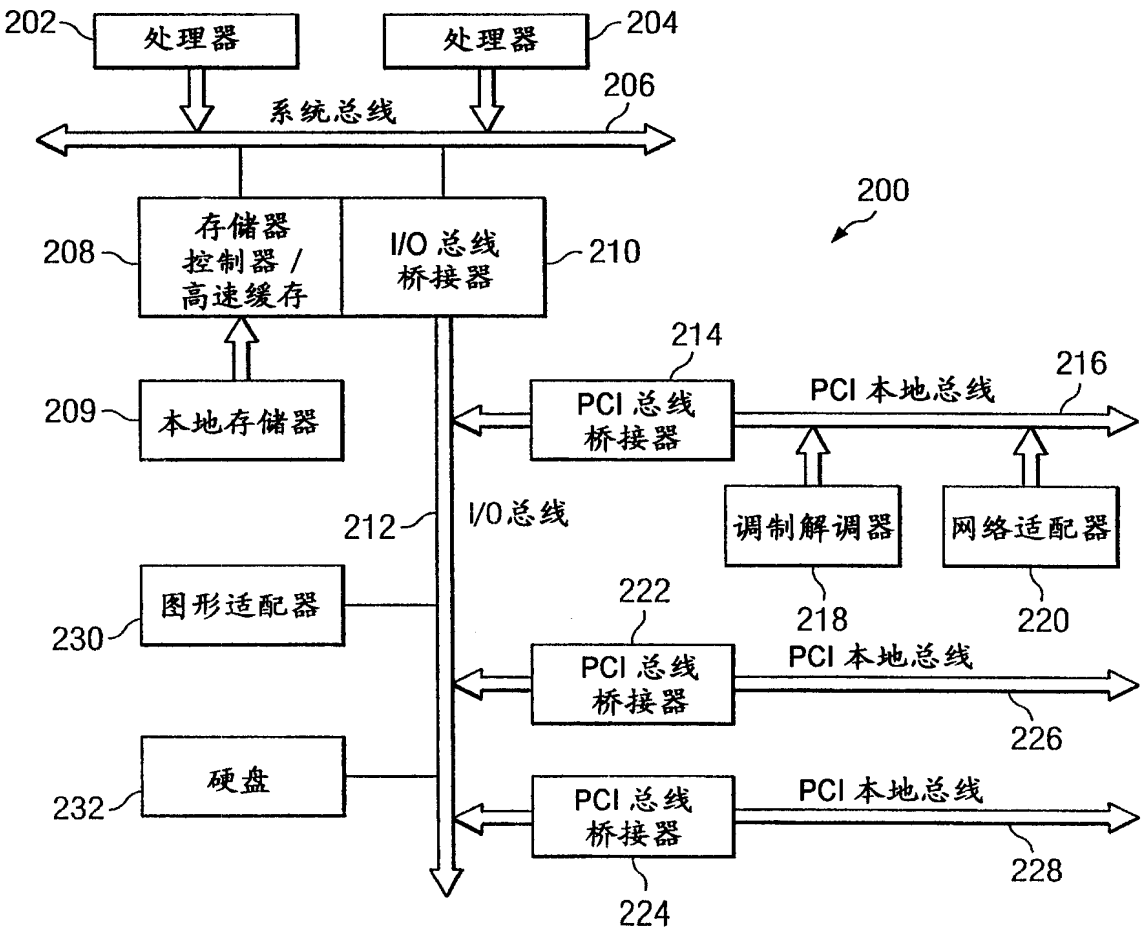

202
处理器
处理器
204
206
系统总线
200
208
存储器
控制器 /
高速缓存
I/O 总线
桥接器
210
214
209
本地存储器
PCI 总线
桥接器
PCI 本地总线
216
212
I/O总线
调制解调器
网络适配器
222
230
图形适配器
218
220
PCI 总线
桥接器
PCI 本地总线
226
232
硬盘
PCI 总线
桥接器
PCI 本地总线
228
224

图 2

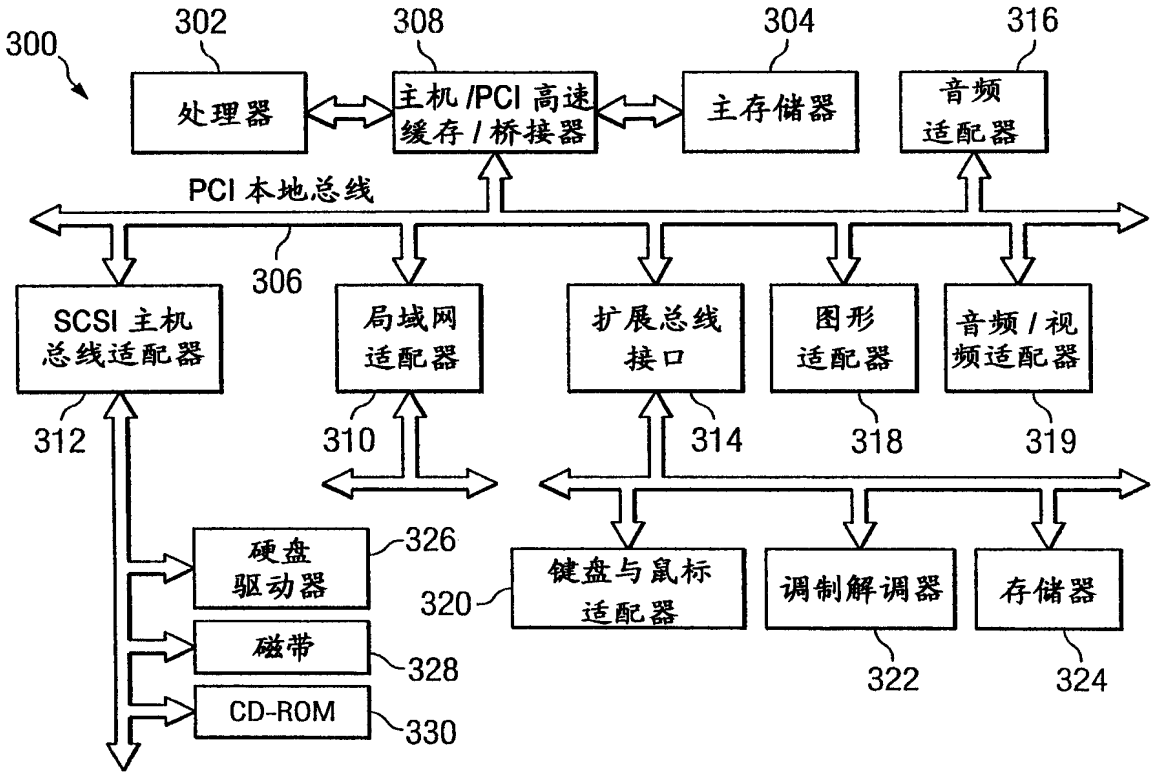
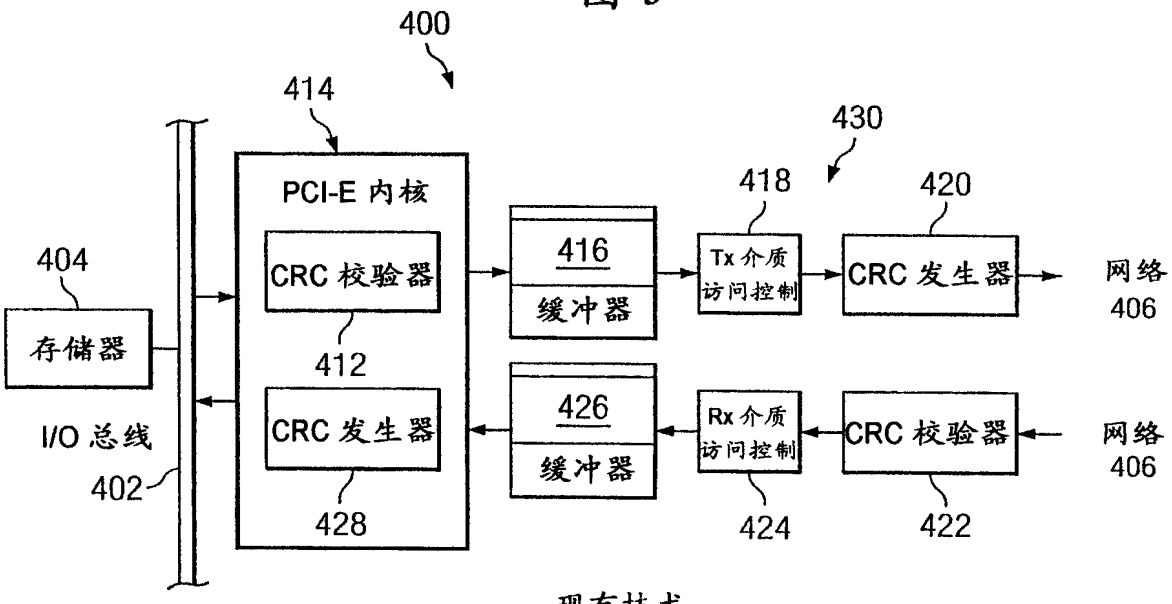

300
302
处理器
308
主机 /PCI 高速
缓存 / 桥接器
304
主存储器
316
音频
适配器
PCI 本地总线
306
SCSI 主机
总线适配器
局域网
适配器
扩展总线
接口
图形
适配器
音频 / 视
频适配器
312
310
314
318
319
硬盘
驱动器
326
磁带
328
CD-ROM
330
320
键盘与鼠标
适配器
调制解调器
322
存储器
324

图 3


400
414
PCI-E 内核
CRC 校验器
412
CRC 发生器
428
404
存储器
I/O 总线
402
416
缓冲器
426
缓冲器
430
418
Tx 介质
访问控制
420
CRC 发生器
网络
406
Rx 介质
访问控制
424
CRC 校验器
422
网络
406

现有技术

图 4

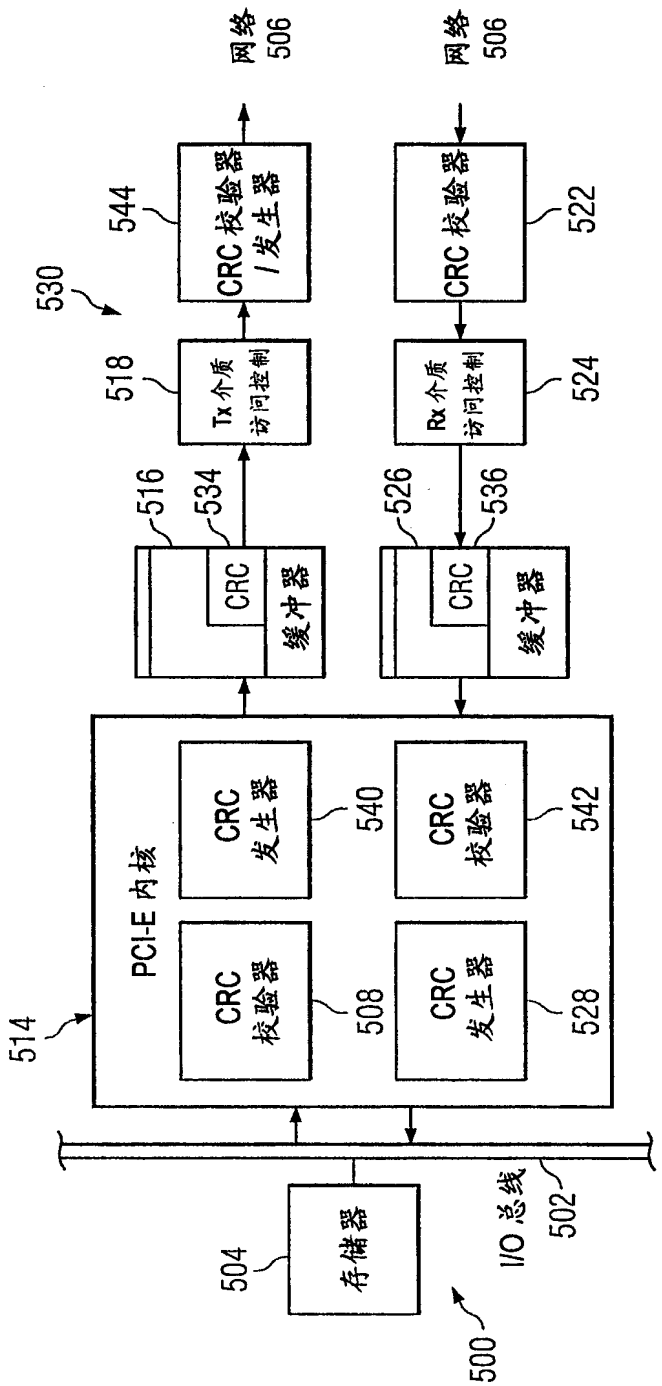

500
I/O 总线
502
504
存储器
514
PCI-E 内核
CRC 校验器
508
CRC 发生器
528
CRC 发生器
540
CRC 校验器
542
516
CRC
缓冲器
534
526
CRC
缓冲器
536
518
Tx 介质访问控制
524
Rx 介质访问控制
530
544
CRC 校验器/发生器
CRC 校验器
522
网络
506
网络
506

图 5

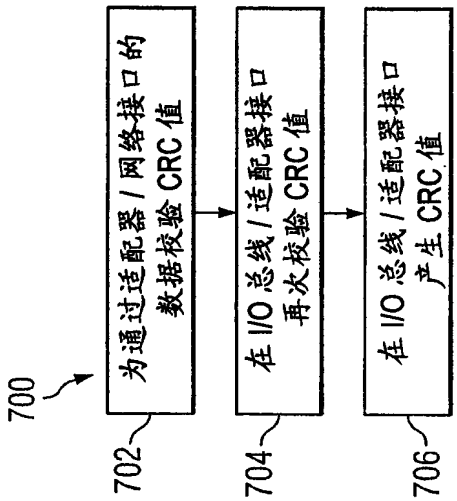

700
为通过适配器/网络接口的数据校验 CRC 值
702
在 I/O 总线/适配器接口再次校验 CRC 值
704
在 I/O 总线/适配器接口产生 CRC 值
706

图 7

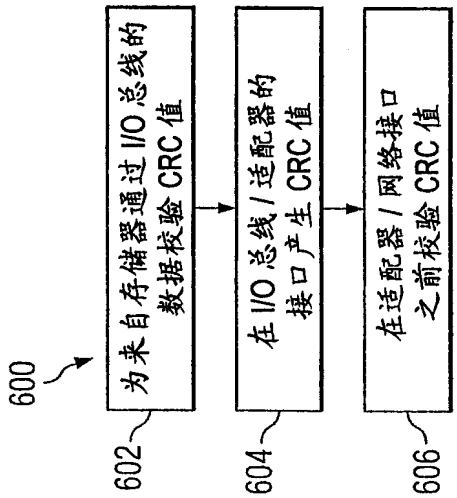

600
为来自存储器通过 I/O 总线的数据校验 CRC 值
602
在 I/O 总线/适配器的接口产生 CRC 值
604
在适配器/网络接口之前校验 CRC 值
606

图 6