



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101939220 B

(45) 授权公告日 2015. 01. 07

(21) 申请号 200980104459. 3

(22) 申请日 2009. 02. 04

(30) 优先权数据

0850806 2008. 02. 08 FR

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

2010. 08. 06

(86) PCT国际申请的申请数据

PCT/FR2009/050166 2009. 02. 04

(87) PCT国际申请的公布数据

W02009/101324 FR 2009. 08. 20

(73) 专利权人 空中客车运作股份公司

地址 法国图卢兹市

(72) 发明人 马克·费弗尔 让-雅克·奥贝特

安托万·莫雄

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司

公司 11227

代理人 王艳江

(51) Int. Cl.

B64C 13/50(2006. 01)

(56) 对比文件

US 7031810 B2, 2006. 04. 18, 说明书第3-4  
栏, 附图1.

US 5483230 A, 1996. 01. 09, 全文.

CN 1732108 A, 2006. 02. 08, 全文.

CN 88102523 A, 1988. 11. 02, 全文.

CN 1080227 C, 2002. 03. 06, 全文.

审查员 王雅维

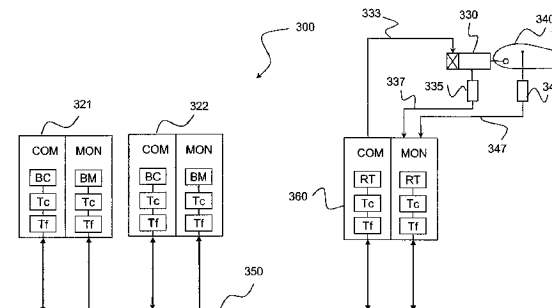
权利要求书4页 说明书8页 附图9页

(54) 发明名称

分布式飞行控制系统

(57) 摘要

本发明涉及一种用于飞行器的飞行控制系统(300), 用于控制适于对飞行器的控制面进行驱动的多个致动器(330), 该系统包括: 至少一条通信总线(350); 至少一台计算机(321), 位于飞行器的航空电子设备舱中, 适于计算飞行命令以及以命令消息的方式经由该总线传输飞行命令; 以及至少第一远程终端(360), 连接至所述总线, 适于控制控制面致动器(330), 以及从由安装至致动器的至少第一传感器(335)提供的信息中获取所述致动器的状态, 所述第一终端从计算机接收命令消息, 并根据由此接收到的命令消息向致动器传输电子指令, 并且还在计算机请求时向计算机传输关于根据所述第一传感器提供的信息的致动器的状态的消息。



1. 一种用于飞行器的飞行控制系统,用于控制适于对所述飞行器的控制面进行驱动的多个致动器,所述系统包括:

至少一条通信总线;

至少一台计算机,位于所述飞行器的航空电子设备舱中,适于计算飞行命令以及以命令消息的方式经由所述总线传输所述飞行命令;

至少第一远程终端,连接至所述总线,适于控制控制面致动器,以及从由安装至所述致动器的至少第一传感器提供的信息中获取所述致动器的状态,所述第一远程终端接收来自所述计算机的所述命令消息,并根据由此接收到的所述命令消息向所述致动器传输电子指令,并且在所述计算机请求时还向所述计算机传输关于根据所述第一传感器提供的所述信息的所述致动器的状态的消息;以及

至少一个第二远程终端,连接至所述总线,适于从由安装至所述控制面的第二传感器提供的信息中获取控制面的状态,还适于在所述计算机请求时向所述计算机传输关于根据所述第二传感器提供的信息的所述控制面的状态的消息,

其中每个所述至少一台计算机包括第一通道和第二通道,所述第二通道被配置为监控所述第一通道的工作。

2. 一种用于飞行器的飞行控制系统,用于控制适于对所述飞行器的控制面进行驱动的多个致动器,所述系统包括:

至少一条通信总线;

至少一台计算机,位于所述飞行器的航空电子设备舱中,适于计算飞行命令以及以命令消息的方式经由所述总线传输所述飞行命令;

至少第一远程终端,连接至所述总线,适于控制控制面致动器,以及从由安装至所述致动器的至少第一传感器提供的信息中获取所述致动器的状态,所述第一远程终端接收来自所述计算机的所述命令消息,并根据以这种方式接收到的所述命令消息向所述致动器传输电子指令,并且在所述计算机请求时还向所述计算机传输关于根据所述第一传感器提供的所述信息的所述致动器的状态的消息;以及

所述第一远程终端还适于从由安装至所述控制面的至少一个第二传感器提供的信息中获取由所述致动器移动的控制面的状态,并且还适于在所述计算机请求时向所述计算机传输关于根据所述第二传感器提供的信息的所述控制面的状态的消息,

其中每个所述至少一台计算机包括第一通道和第二通道,所述第二通道被配置为监控所述第一通道的工作。

3. 根据权利要求1或2所述的飞行控制系统,其特征在于,所述总线由差分供电的双绞线构成,并使用主从型协议以半双工模式执行经由总线的交换。

4. 根据权利要求1所述的飞行控制系统,其特征在于,

所述第一通道 (COM) 用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个所述第一远程终端发送所述飞行命令,以及接收来自所述第一远程终端的接收确认,还用于向所述第一远程终端和所述第二远程终端发送请求以作为回复获得由所述第一远程终端控制的所述致动器的状态和由所述致动器移动的所述控制面的状态;以及

所述第二通道 (MON) 用于计算飞行命令并将所述飞行命令转换为命令消息,以及监听和记录通过总线传送的、来自和去往所述第一通道的消息;

所述第一通道的命令消息与所述第二通道的命令消息进行比较。

5. 根据权利要求 2 所述的飞行控制系统,其特征在於,

所述第一通道 (COM) 用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个所述第一远程终端发送所述飞行命令,以及接收来自所述第一远程终端的接收确认,还用于向所述第一远程终端发送请求以作为回复获得由所述第一远程终端控制的所述致动器的状态和由所述致动器移动的所述控制面的状态;以及

所述第二通道 (MON) 用于计算飞行命令并将所述飞行命令转换为命令消息,以及监听和记录通过总线传送的、来自和去往所述第一通道的消息;

所述第一通道的命令消息与所述第二通道的命令消息进行比较。

6. 根据权利要求 1 所述的飞行控制系统,其特征在於,所述系统具有单条总线,并且

所述第一通道 (COM) 用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个所述第一远程终端发送所述飞行命令,以及接收来自所述第一远程终端的接收确认,还用于向所述第一远程终端和所述第二远程终端发送请求以作为回复获得由所述第一远程终端控制的所述致动器的状态和由所述致动器移动的所述控制面的状态,所述第一通道经由借助于总线控制器 (BC) 控制的连接而连接至所述总线;以及

所述第二通道 (MON) 连接至所述总线控制器,用于计算飞行命令并将所述飞行命令转换为命令消息,以及监听和记录从所述总线控制器传输和接收的、来自和去往所述第一通道的消息;以及

所述第一通道的命令消息与所述第二通道的命令消息进行比较。

7. 根据权利要求 2 所述的飞行控制系统,其特征在於,所述系统具有单条总线,并且

所述第一通道 (COM) 用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个所述第一远程终端发送所述飞行命令,以及接收来自所述第一远程终端的接收确认,还用于向所述第一远程终端发送请求以作为回复获得由所述第一远程终端控制的所述致动器的状态和由所述致动器移动的所述控制面的状态,所述第一通道经由借助于总线控制器 (BC) 控制的连接而连接至所述总线;以及

所述第二通道 (MON) 连接至所述总线控制器,用于计算飞行命令并将所述飞行命令转换为命令消息,以及监听和记录从所述总线控制器传输和接收的、来自和去往所述第一通道的消息;以及

所述第一通道的命令消息与所述第二通道的命令消息进行比较。

8. 根据权利要求 1 所述的飞行控制系统,其特征在於,所述系统具有单条总线,并且

所述第一通道 (COM) 用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个所述第一远程终端发送所述飞行命令,以及接收来自所述第一远程终端的接收确认,还用于向所述第一远程终端和所述第二远程终端发送请求以作为回复获得由所述第一远程终端控制的所述致动器的状态和由所述致动器移动的所述控制面的状态,所述第一通道经由借助于总线控制器 (BC) 控制的连接而连接至所述总线;以及

所述第二通道 (MON) 连接至所述第一通道,用于计算飞行命令以及用于将所述飞行命令转换为命令消息,以及接收来自和去往所述第一通道、从而中继到所述第二通道的消息;以及

所述第一通道的命令消息与所述第二通道的命令消息进行比较。

9. 根据权利要求 2 所述的飞行控制系统,其特征在于,所述系统具有单条总线,并且所述第一通道 (COM) 用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个所述第一远程终端发送所述飞行命令,以及接收来自所述第一远程终端的接收确认,还用于向所述第一远程终端发送请求以作为回复获得由所述第一远程终端控制的所述致动器的状态和由所述致动器移动的所述控制面的状态,所述第一通道经由借助于总线控制器 (BC) 控制的连接而连接至所述总线;以及

所述第二通道 (MON) 连接至所述第一通道,用于计算飞行命令以及用于将所述飞行命令转换为命令消息,以及接收来自和去往所述第一通道、从而中继到所述第二通道的消息;以及

所述第一通道的命令消息与所述第二通道的命令消息进行比较。

10. 根据权利要求 5、7 和 9 中任一项所述的飞行控制系统,其特征在于,所述第一远程终端包括:

第一通道 (COM),用于接收来自所述计算机的命令消息,并确认其接收,以及向由所述第一远程终端控制的所述致动器传输电子指令;以及

第二通道 (MON),用于接收来自所述计算机的请求,以及返回关于所述致动器的状态和/或由所述致动器移动的控制面的状态的消息。

11. 根据权利要求 4、6 和 8 中任一项所述的飞行控制系统,其特征在于,所述第一远程终端包括:

第一通道 (COM),用于接收来自所述计算机的命令消息,并确认其接收,以及向由所述第一远程终端控制的所述致动器传输电子指令;以及

第二通道 (MON),用于接收来自所述计算机的请求,以及返回关于所述致动器的状态的消息。

12. 根据引用权利要求 5 的权利要求 10 所述的飞行控制系统,其特征在于,所述计算机的所述第一通道和所述第二通道以及所述第一远程终端的所述第一通道和所述第二通道连接至单个总线。

13. 根据权利要求 12 所述的飞行控制系统,其特征在于,所述计算机的所述第一通道具有与收发器 (Tc) 串联的总线控制器 (BC)、以及提供与所述总线的连接的变压器 (Tf),所述计算机的所述第二通道包括与收发器 (Tc) 串联的总线监控模块 (BM)、以及提供与所述总线的连接的变压器 (Tf),所述第一远程终端的所述第一通道和所述第二通道的每一个都包括与收发器 (Tc) 串联的控制模块 (RT)、以及提供与所述总线连接的变压器 (Tf)。

14. 根据引用权利要求 5 的权利要求 10 所述的飞行控制系统,其特征在于,所述计算机的和所述第一远程终端的所述第一通道连接至第一总线 (551),所述计算机的和所述第一远程终端的所述第二通道连接至第二总线 (553)。

15. 根据权利要求 14 所述的飞行控制系统,其特征在于,所述计算机的所述第一通道和所述第二通道的每一个都包括与收发器 (Tc) 串联的总线控制器 (BC)、以及提供分别与所述第一总线和所述第二总线的连接的变压器 (Tf),所述第一远程终端的所述第一通道和所述第二通道的每一个都包括与收发器 (Tc) 串联的控制模块 (RT)、以及提供分别与所述第一总线和所述第二总线连接的变压器 (Tf)。

16. 根据引用权利要求 5 的权利要求 10 所述的飞行控制系统,其特征在于,所述计算机

的第一通道包括串联连接于两个并行的第一分支中的总线控制器 (425), 每个第一分支都包括与用于分别与第一总线 (450) 和第二总线 (452) 连接的变压器 (427-1, 427-2) 串联的收发器 (426-1, 426-2), 所述计算机的第二通道包括串联连接于两个并行的第二分支中的监控模块 (424), 每个第二分支包括与用于提供分别与所述第一总线和所述第二总线的连接的变压器 (427-3, 427-4) 串联的收发器 (426-3, 426-4), 并且所述第一远程终端的第一通道和第二通道的每一个都包括与两个并行的第三分支串联的控制模块 (465), 每个第三分支都包括与用于提供分别与所述第一总线和所述第二总线连接的变压器 (467-1, 467-2) 串联的收发器 (466-1, 466-2)。

17. 一种飞行器, 具有适于通过致动器运转的多个控制面, 所述飞行器的特征在于, 其包括前述权利要求中任一项所述的飞行控制系统。

## 分布式飞行控制系统

### 技术领域

[0001] 本发明总的来说涉及一种航空领域中的飞行控制系统。

### 背景技术

[0002] 飞行器的飞行控制系统构成了飞行员控制机构（操纵杆、踏板等）与空气动力控制面之间的连接。现代客机拥有“能遥控的自动驾驶仪（fly-by-wire）”控制系统，其中，飞行员控制机构采取的机械动作被转换为模拟信号，该模拟信号被传送给使控制面移动的致动器（actuator）。

[0003] 图 1 示出了本领域已知的飞行控制系统 100。可以看出，飞行员控制机构（例如，操纵杆）配备有一个或多个传感器 115，例如，向飞行控制计算机 120 提供位置和 / 或角度定向信息的位置传感器和 / 或角度传感器。基于从各个飞行控制机构 110 和 / 或从自动驾驶仪接收到的信息，计算机 120 确定要施加给致动器 130 的飞行命令。典型地，这些致动器是由电磁阀控制的电动机或液压致动器，并且它们作用于飞行器的空气动力控制面 140。致动器 130 和空气动力控制面 140 配备有各自的传感器（参考标号 135 和 145）。这些传感器向计算机 120 传达关于致动器的移动元件和控制面的位置和 / 或角度定向。例如，传感器 135 可以给出致动器平移的位置，传感器 145 可以给出襟翼的角度定向。

[0004] 计算机 120 拥有控制功能和监控功能。计算机 120 通过用于传输模拟控制信号的第一电缆 133 连接至致动器。计算机 120 还经由第二电缆 137 和第三电缆 147 连接到分别安装至致动器和控制面本身的传感器 135 和 145。因此，计算机 120 总是可以监控致动器的状态，并验证命令确实已经被执行。

[0005] 然而，上述飞行控制系统存在一些缺点。首先，在计算机与所有的致动器和控制面之间需要具有大量的电缆。假设致动器的输入 / 输出的数量由于其复杂度的增加而持续增加，则设置的电缆的数量就更多。庞大数量的电缆使得安装变复杂，并且使控制测试时间特别地长。此外，在飞行器构造中，取代金属的合成材料的日益增加的使用使得飞行控制电缆对闪电和电磁干扰更加敏感，尤其当电缆特别长的时候。这使得需要为电缆提供屏蔽，或者对计算机的电子器件提供真正地外部屏蔽和更有效的保护。

[0006] 电缆数量以及屏蔽厚度的增加损害了飞行器的重量预算。这还会导致更大直径的导线难以穿过飞行器进行布线，尤其在狭窄区域中，从而导致结构上的限制。

[0007] 类似地，由于输入 / 输出的数量以及由于电子保护所引起的计算机的超尺寸还影响飞行器的重量预算和航空电子设备舱的大小。

[0008] 本发明的目的在于提出一种耐用的且克服上述缺陷的飞行控制系统，具体地，其不需要依赖于大量的电缆，而且还不受电磁保护屏蔽限制。

### 发明内容

[0009] 本发明由用于飞行器的飞行控制系统限定，该飞行控制系统用于控制适于对该飞行器的控制面进行驱动的多个致动器，该系统包括：

[0010] • 至少一条通信总线；

[0011] • 至少一台计算机,位于该飞行器的航空电子设备舱中,适于计算飞行命令以及以命令消息的方式经由该总线传输这些飞行命令;以及

[0012] • 至少第一远程终端,连接至所述总线,适于控制控制面致动器,以及从由安装至致动器的至少第一传感器提供的信息中获取所述致动器的状态,所述第一终端从计算机接收该命令消息并根据由此接收到的命令消息向该致动器传输电子指令,并且在计算机请求时还向该计算机传输关于根据所述第一传感器提供的信息的致动器的状态的消息。

[0013] 在优选实施例中,总线由差分供电的双绞线构成,并使用主从型协议以半双工模式执行经由总线的交换。

[0014] 该系统还包括至少一个第二远程终端,其连接至所述总线,适于从由安装至控制面的第二传感器提供的信息中获取控制面的状态,还适于在计算机请求时向计算机传输关于根据所述第二传感器提供的信息的所述控制面的状态的消息。

[0015] 第一终端还可以适于从由安装至控制面的至少一个第二传感器提供的信息中获取由所述致动器移动的控制面的状态,并且还用于在计算机请求时向计算机传输关于根据所述第二传感器提供的信息的所述控制面的状态的消息。

[0016] 在第一变型例中,所述计算机包括:

[0017] • 第一通道 (COM),用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个第一终端发送飞行命令,以及接收来自该终端的接收确认,还用于向该终端发送请求以作为回复获得由该终端控制的致动器的状态和由该致动器移动的控制面的状态;以及

[0018] • 第二通道 (MON),用于计算飞行命令并将这些飞行命令转换为命令消息,以及监听和记录通过总线传送的、来自和去往所述第一通道的消息;

[0019] • 第一通道的命令消息与第二通道的命令消息进行比较。

[0020] 在第二变型例中,该系统具有单个总线,并且所述系统包括:

[0021] • 第一通道 (COM),用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个第一终端发送飞行命令,以及接收来自终端的接收确认,还用于向终端发送请求以作为回复获得由终端控制的该致动器的状态和由该致动器移动的控制面的状态,所述第一通道经由借助于总线控制器 (BC) 控制的连接而连接至所述总线;以及

[0022] • 第二通道 (MON),连接至所述控制器,用于计算飞行命令并将这些飞行命令转换为命令消息,以及监听和记录通过总线传送的、来自和去往所述第一通道的消息;以及

[0023] • 第一通道的命令消息与第二通道的命令消息进行比较。

[0024] 在第三变型例中,该系统具有单个总线,并且所述计算机包括:

[0025] • 第一通道 (COM),用于计算飞行命令,以命令消息的形式向多个该第一终端发送飞行命令,以及接收来自该终端的接收确认,还用于向终端发送请求以作为回复获得由终端控制的该致动器的状态和由该致动器移动的控制面的状态,所述第一通道经由借助于总线控制器 (BC) 控制的连接而连接至所述总线;以及

[0026] • 第二通道 (MON),连接至该第一通道,用于计算飞行命令并将这些飞行命令转换为命令消息,接收来自和去往所述第一通道、从而中继到第二通道的消息;

[0027] • 第一通道的命令消息与第二通道的命令消息进行比较。

[0028] 优选地,第一终端包括:

[0029] •第一通道 (COM),用于接收来自所述计算机的命令消息,并确认其接收,以及向由所述终端控制的致动器传输电子指令;以及

[0030] •第二通道 (MON),用于接收来自所述计算机的请求,以及返回关于所述致动器的状态和/或由所述致动器移动的控制面的状态的消息。

[0031] 优选地,计算机的所述第一通道和所述第二通道以及第一终端的所述第一通道和所述第二通道连接至单个总线。

[0032] 计算机的第一通道可具有与收发器 (Tc) 串联的总线控制器 (BC)、以及提供与总线的连接的变压器 (Tf),计算机的第二通道可包括与收发器 (Tc) 串联的总线监控模块 (BM)、以及提供与总线的连接的变压器 (Tf),第一终端的第一和第二通道的每一个都可以包括与收发器 (Tc) 串联的控制模块 (RT)、以及提供与总线的连接的变压器 (Tf)。

[0033] 可选地,计算机的所述第一通道和第一终端的所述第一通道连接至第一总线,而计算机的所述第二通道和第一终端的所述第二通道连接至第二总线。

[0034] 在这种情况下,计算机的第一和第二通道的每一个都包括与收发器 (Tc) 串联的总线控制器 (BC)、以及提供分别与第一和第二总线的连接的变压器 (Tf),第一终端的第一和第二通道的每一个都包括与收发器 (Tc) 串联的控制模块 (RT)、以及提供分别与第一和第二总线的连接的变压器 (Tf)。

[0035] 此外,可选地,第一通道包括与两个并行的第一分支串联的总线控制器,每个第一分支都包括与用于分别与第一总线 and 第二总线连接的变压器串联的收发器,第二通道包括与两个并行的第二分支串联的监控模块,每个第二分支包括与用于提供分别与第一总线 and 第二总线的连接的变压器串联的接收器,并且第一终端的第一和第二通道的每一个都包括与两个并行的第三分支串联的控制模块,每个第三分支都包括与用于提供分别与第一总线 and 第二总线的连接的变压器串联的收发器。

[0036] 最后,本发明提供了一种飞行器,其包括用于通过致动器运转的多个控制面以及如上所述的飞行控制系统。

## 附图说明

[0037] 本发明的其他特征和优点在阅读参照附图给出的本发明优选实施例的说明书后将呈现,其中:

[0038] 图 1 是现有技术中已知的飞行控制系统的示图;

[0039] 图 2A 至图 2C 是本发明第一实施例中飞行控制系统的三个变型例的示图;

[0040] 图 3 示出了本发明第二实施例中的飞行控制系统;

[0041] 图 4 示出了本发明第三实施例中的飞行控制系统;

[0042] 图 5 是本发明第四实施例中的飞行控制系统的示图;

[0043] 图 6 是本发明第五实施例中的飞行控制系统的示图;以及

[0044] 图 7 示出了计算机或远程终端的通道与总线之间的连接的细节。

## 具体实施方式

[0045] 本发明基于的思想为使用相对于多路复用通信总线组织的分布式飞行控制系统,在该飞行控制系统中,在致动器处远程执行控制功能以及一些监控功能。



[0046] 图 2A 示出了本发明第一实施例中的飞行控制系统 200。该飞行控制系统包括被称为“主”计算机的第一控制计算机 221 和被称为“副”计算机的第二飞行控制计算机 222。主计算机和副计算机具有相同的结构,并且它们位于飞行器的航空电子设备舱中。实际上,该飞行控制系统通常具有至少两对主和副计算机,第一对位于飞行器的左舷,而第二对位于飞行器的右舷,从而在控制面的控制中提供物理冗余。与现有技术一样,主计算机和副计算机连接至飞行员控制机构和 / 或自动驾驶仪。主计算机和副计算机通过所述机构配备的传感器(未示出)从所述机构接收位置和 / 或角度定向信息。

[0047] 每个计算机均具有两个通道:被称为 COM 通道的第一通道以及被称为 MON 通道的第二通道。

[0048] 在正常工作模式下,即,当主计算机没有经受损坏时,其 COM 通道监听并控制总线。更确切地,如以下详细描述,主计算机向作为总线 250 的用户的终端传输命令消息,反过来其接收信息或确认消息。MON 通道仅仅监听总线,并验证由 COM 通道发送的命令消息与通过各个终端返回至主计算机的信息或确认消息之间的一致性。换句话说,MON 通道的功能是监控 COM 通道的正常工作。优选地,MON 通道利用不同于 COM 通道的计算算法,以避免可能在两个通道中都发生的系统错误。副计算机的 COM 和 MON 通道执行与第一计算机的 COM 和 MON 通道相同的功能。然而,在正常工作期间,禁止副计算机的 COM 通道通过总线 250 进行发射。

[0049] 如果故障影响了主计算机的 COM 通道,则主计算机的 MON 通道检测故障并停用该计算机。同时,启用副计算机,即,通过副计算机的 COM 通道对总线的控制被解禁。假设在损坏之前副计算机的 COM 通道与主计算机并行计算,则不需要恢复所有致动器和控制面的各个状态。如果随后发生主计算机损坏,则立即进行接管。

[0050] 主计算机或副计算机的 COM 通道包括提供对总线的双向访问的总线控制器 BC、收发器 Tc 以及提供与总线 250 的连接变压器 Tf。以类似的方式,主计算机或副计算机的 MON 通道包括提供单向访问(仅接收)的总线监控模块 BM、收发器 Tc(在该结构中仅用作接收器)以及提供与总线 250 的连接变压器 Tf。应当理解,如果由于主计算机损坏而启用副计算机 222,则副计算机的 COM 通道的监控模块 BM 被重新配置为控制模块 BC。

[0051] 总线 250 是多路复用数字串行总线。术语“数字总线”用于表示经由总线传送的信号可以采用两种状态,例如表示二进制值的双极信号。术语“多路复用”用于表示使用时分多路复用方案经由总线传输消息。实际上,总线实现为单条双绞线。

[0052] 在优选实施例中,使用主从型的确定性通信协议以半双工模式执行经由总线 250 的消息交换。更确切地,在正常工作期间,主计算机的 COM 通道的总线控制器 BC 是总线主控。消息交换必须通过总线主控来发起,并且远程终端可以仅响应于来自主控的在先指示进行发送。

[0053] 有利地,通信总线 250 采取与地和电源电位电隔离的差分供电双绞线形式。这种特性赋予了总线对电磁干扰(尤其是由闪电引起的干扰)的高度不敏感性。

[0054] 标准 MIL-STD-1553B 定义了以主从型协议运行且具有差分电源的总线。例如,可以在以下网站找到该标准的描述:

[0055] [www-corot.obspm.fr/COROT-ETC/Files/1553\\_overview.pdf](http://www-corot.obspm.fr/COROT-ETC/Files/1553_overview.pdf)

[0056] 可选地,总线可以遵循也推荐主从型协议和差分电源的 ARINC629 标准。

[0057] 为了预防传输错误,经由总线 250 传输的消息有利地使用循环冗余校验 (CRC) 码或真正的错误校正码 (ECC)。可选地,或者此外,使用数字签名来标记消息。数字签名可以以已知的方式通过向用于传输的消息应用散列函数 (hashing function) 以获得数字指纹来生成,随后使用发送者的私人密钥 (例如,构成非对称 (私人) 密钥基础设施 (PKI) 的一部分的私人密钥) 对该指纹进行加密。因此,对于消息的收信方 (具体为计算机的 MON 通道),可以验证消息的完整性,即确定消息是否已经被破坏。

[0058] 飞行控制系统 200 还包括多个终端 260,每个终端 260 专用于控制和监控特定的致动器 230。每个终端 260 都包括“COM”第一通道和“MON”第二通道。终端 260 的 COM 通道从主计算机 (如果主计算机故障则是副计算机) 接收命令消息,并且终端 260 的 COM 通道经由至少第一电缆 233 向相关联的致动器 230 传输控制指令,例如,其传输位置或液压定位点值。终端的 MON 通道经由至少一条第二电缆 237 获取关于致动器的状态的信息 (例如由致动器所配备的一个或多个传感器提供的位置、压力、温度等信息) 而运作。在主计算机发出请求后,终端 260 的 MON 通道向计算机的 COM 通道发送关于致动器状态的消息。由于终端与相关联的致动器的邻近,第一和第二电缆相对较短,由此减少了电缆连接量,并减小了传输信号对电磁干扰的敏感性。

[0059] 终端 260 的 COM 通道和 MON 通道均具有各自的远程终端 (RT) 控制模块、收发器 Tc 和提供与总线 250 的连接变压器 Tf。COM 通道的控制模块 RT 控制电子指令向致动器的发送、来自计算机的 COM 通道的命令消息的接收以及至计算机的 COM 通道的确认消息的发送。以类似方式,MON 通道的 RT 模块响应于来自计算机的请求控制状态消息的传输。

[0060] 主计算机 221 继各个终端 260 之后负责传输命令消息。接收命令消息的每个终端 260 (更具体地,各终端的 COM 通道) 通过向计算机 (更具体地,向计算机的 COM 通道) 返回接收确认来对计算机的 COM 通道正确地响应。

[0061] 当主计算机设法获知致动器的状态 (例如,其位置、其压力、其温度等) 时,主计算机的 COM 通道向与该致动器相关联的终端 260 (更具体地,终端 260 的 MOM 通道) 发送请求。终端 260 的 MON 通道通过发送与所述致动器的状态相关的信息消息来答复计算机的 COM 通道。

[0062] 在本发明的第一实施例中,飞行控制系统还包括多个终端 270,每个终端都专用于监控特定的控制面 240。每个终端 270 通过相对较短的电缆连接至对相关联的控制面的位置或角度定向进行测量的传感器,由此表现出与上述相同的优点。每个终端 270 都具有控制模块 RT、收发器模块 Tc 和提供与总线 250 的连接变压器 Tf。

[0063] 当主计算机设法获知控制面的状态 (例如,其位置或其角度定向) 时,主计算机的 COM 通道向与所述控制面相关联的终端 270 发送请求。终端 270 通过传输与所述控制面的状态相关联的信息消息进行答复。

[0064] 本发明的飞行控制系统对其可能经受的各种类型的损坏来说都是耐用的。

[0065] 当在主计算机与多个终端之间交换消息时,计算机的 MON 通道监听并记录通过计算机的 COM 通道发送的命令消息以及来自询问终端的响应。

[0066] 如果由 COM 通道发送的命令消息不同于由 MON 通道获悉的命令消息超过某一预定的发生数目,则可以得出主计算机的总线控制器 BC 或总线监控模块 BM 已经不起作用的结论。于是,停用主计算机并启动副计算机,换句话说,其 COM 通道控制总线。

[0067] 即使当通过比较主计算机的 COM 和 MOM 通道没有检测到错误时,但是由终端 260 和 270 接收到的消息可能由于总线上的噪声已经产生错误。这些错误可以通过使用 CRC 码(例如,奇偶校验位)的 RT 模块,或者通过基于消息的数字签名,或实际上基于通过消息中存在的错误校正码(ECC)校正的消息来进行检测。此外,主计算机可以请求终端 260 和 270 返回发送到终端的命令消息作为接收确认。如果主终端检测到所传输的命令消息与接收确认之间的差异超过某一预定的发生数目,则停用故障终端 260。

[0068] 若干类型的损坏会影响与致动器相关联的终端 260。

[0069] 首先,损坏会影响终端的 COM 通道。在第一种损坏情形中,终端 260 不对(主或副)计算机向其发送的消息发送接收确认。然后,计算机的总线控制器 BC 在超过某一预定数量的不成功传输尝试之后停用故障终端。在第二种损坏情形中,终端 260 会将错误指令传输至相关致动器。然后,终端 260 的 MON 通道在计算机请求时传输与发送到其 COM 通道的消息不一致的致动器状态。此外,跟踪由所述致动器移动的控制面的位置/定向的终端 270 将传送与通过计算机发送的命令不一致的信息。采用任一方式,如果检测到的不兼容超过某一预定发生数目,则终端 260 被视为已经出故障,并将其停用。在第三种损坏情形中,终端的 COM 通道通过经由总线持续或间断地发送消息而扰乱总线(称为“迷惑”现象)。如果主(或副)计算机检测到这种类型的传输,则停用故障终端 260。

[0070] 以相同方式,将上述三种破坏方案类似地应用于终端 260 的 MON 通道。首先,MON 通道可能不能响应来自计算机的请求。如果计算机的 COM 通道没有接收到某一预定的发生数目的响应,则停用终端 260。其次,终端的 MON 通道可传输错误的致动器状态。如果计算机的 COM 通道检测到命令消息与计算机的状态之间的不一致,则停用终端 260。第三,COM 通道通过持续或间断的发送消息而扰乱总线(迷惑)。如果主(或副)计算机检测到这种类型的传输,则停用故障终端 260。通常,为了预防不想要的消息被发送或预防消息之间的干扰,会对终端 260 的每个(COM 或 MON)通道进行安排以用不同的签名签署其消息。因此,(主或副)计算机可以容易地鉴别消息的发送者并验证其完整性。

[0071] 停用终端 260 涉及使相关联的致动器 230 进入制动(或被动)模式。由于控制面 240 通常借助于多个致动器进行移动,所以与进入制动模式的致动器相邻的致动器然后从进入制动模式的致动器那里进行接管。终端 260 可以仅通过切断其电源来进行停用,适当的情况下借助于现场总线(fieldbus)(未示出)。

[0072] 图 2B 示出了本发明第一实施例的第二变型例的飞行控制系统 200。

[0073] 该变型例与图 2A 的不同之处在于主和副计算机的结构。在该结构中,总线控制器 BC 为计算机的 MON 和 COM 通道共用。于是,每个计算机 221、222 都经由单个连接(给出的各自参考标号为 223、224)而连接至总线 250。在该变型例中,COM 通道不再由 MON 通道借助于经由总线传送的消息进行直接监控,而是借助于由公共控制器 BC 发送和接收的消息进行监控。

[0074] 图 2C 示出了本发明第一实施例的第三变型例的飞行控制系统 200。

[0075] 如同在第二变型例中,每个计算机都具有单个总线控制器 BC。不过,该总线控制器 BC 不再在 COM 和 MON 通道之间共享,而是专用于 COM 通道。如前经由单个连接 223、224 进行与总线 250 的连接。在该变型例中,COM 通道不是由 MON 通道借助于经由总线传送的消息进行监控,而是借助于由控制器 BC 发送和接收的消息进行监控,该消息被 COM 通道进行

数字转换并中继到 MON 通道。

[0076] 然而,在第一变型例中,控制器 BC 的停止 (blocking) 可以被 MON 通道检测到,这是因为总线监控模块 BM 可以一直检测正在经由总线发送的相同消息,在第二和它们的变型例中不再可能进行这样的诊断。为了减轻该缺陷,提出了在应用 COM 和 MON 通道都已知的预定关系时,COM 通道使用随时间变化的密钥来对其消息进行数字签名。因此,如果附有同一签名的相同消息被控制器持续地传输,则监控模块 MON 可以由此推断出控制器 BC 故障。

[0077] 图 3 示出了本发明第二实施例中的飞行控制系统 300。表示与图 2A 至图 2C 中相同项目的参考标号增加 100。

[0078] 在该实施例,终端 360 组合有由第一实施例中的终端 260 和 270 所提供的功能。换句话说,终端 360 不但用于控制和监控致动器,还用于监控控制面。终端 360 的 COM 通道执行与终端 260 的 COM 通道相同的功能。与之相比,该终端的 MON 通道不仅获取与致动器 330 的状态(位置、液压等)相关的信息,而且还获取与由致动器移动的控制面 340 的状态(其位置和其角度定向)相关的信息。一旦主(或副)计算机进行请求,该 MON 通道就发送与致动器的状态或者控制面的状态相关的消息。

[0079] 终端的 COM 通道通过第一电缆 333 进行连接以向致动器传输电子指令。MON 通道经由第二电缆 337 连接至致动器的至少一个传感器 335,经由第三电缆 347 连接至控制面的位置/定向传感器 345。假设终端与致动器和控制面组件邻近,则所有的这三条电缆 333、337 和 347 的长度相对较短,所以电缆较小且对电子干扰相对不敏感。

[0080] 与第一实施例类似,如上所述,根据主和副计算机的结构,第二实施例可以存在第一、第二和第三变型例。

[0081] 图 4 示出了本发明第三实施例的飞行控制系统。在该实施例中,主计算机和副计算机的每个 COM 和 MON 通道以及每个远程终端的每个 COM 和 MON 通道被复制,并且各个通道中的每一个都连接至不同的总线。更具体地,飞行控制系统 400 包括第一总线 450 和第二总线 452,例如均遵循 MIL-STD-1553B 标准。总线 450 和 452 执行与图 2A 的总线 250 所执行的相同的功能。

[0082] 主计算机 421 的 COM 通道具有连接至并行运行的第一收发器 426-1 和第二收发器 426-2 的总线控制器 (BC) 425,每个收发器都连接至各自的变压器 427-1、427-2,变压器 427-1、427-2 用于将其分别与第一或第二总线连接。类似地,主计算机的 MON 通道具有连接至第一收发器 426-3 和第二收发器 426-4 的 BM 模块 424,每个收发器都经由分别与第一或第二总线连接的各自的变压器 427-3、427-4 进行连接。除了可以禁止其 COM 通道经由总线 450 进行发送之外,副计算机的结构与主计算机的结构类似。最后,控制致动器 430 的终端 460 的 COM 通道具有连接至第一收发器 466-1 和第二收发器 466-2 的 RT 控制模块 465,每个收发器都连接至各自的变压器 467-1、467-2,变压器 467-1、467-2 用于将其分别与第一或第二总线连接。以相同方式复制监控致动器的状态和控制面的状态的 MON 通道。

[0083] 在未示出的变型例中,如第二实施例,系统 400 可以包括专用于监控控制面的远程终端(图 2A 中的终端 270)。然后,其终端的每一个都具有连接至第一和第二收发器的 RT 控制模块,每个收发器本身都连接至分别提供与第一或第二总线的连接的各自的变压器。图 5 是本发明第四实施例中的飞行控制系统的示图。

[0084] 该实施例与第一和第二实施例的不同之处在于其具有专用于 COM 通道的第一总

线 551 和专用于 MON 通道的不同第二总线 553。换句话说,第一总线用于来自计算机的命令消息通信量并用于由各个终端返回的相应的接收确认,而第二总线用于来自计算机的请求通信量和由各个终端返回的致动器状态消息或控制面状态消息。

[0085] 应当注意,主计算机的 COM 通道和 MON 通道具有不同于第一实施例的主计算机的 COM 通道和 MON 通道的功能。这里,COM 通道不再向各个终端发送命令消息以及接收接收确认。MON 通道不进行监听并由此不记录由计算机的 COM 通道发送或者向计算机的 COM 通道发送的消息。与之相比,其向远程终端 560 传输请求以获得致动器和控制面的状态,并且作为回复其接收相应的状态消息。由于其询问各个终端,所以 MON 通道具有控制总线 553 的总线控制器 BC,这类似于总线控制器 BC 控制总线 551 的 COM 通道。

[0086] 在未示出的变型例中,飞行控制系统可包括如第一实施例中的专用于监控的终端。

[0087] 图 6 是本发明第五实施例中的飞行控制系统的示图。

[0088] 该实施例是第三和第四实施例的组合。更确切地,该飞行控制系统具有被复制的两个 COM 通道和两个 MON 通道,每个单独的 COM 通道和每个单独的 MON 通道具有不同的总线,从而给出四条总线 651、652、653 和 654。

[0089] 图 7 示出了计算机的或终端的 COM 或 MON 通道与总线之间的连接的细节。回想第一和第二实施例的第二和第三变型例仅利用计算机和总线之间的单个公共连接。该连接在第二变型例中为 COM 和 MON 通道共用,而在第三变型例中专用于 COM 通道。

[0090] 如上所述,通道 710 包括控制模块 715(计算机的总线控制器 BC 或总线监控模块 BM,终端的控制模块 RT)、收发器 725 和变压器 735。

[0091] 变压器 735 可以是在双极信号收发器的输出端处的单极信号变压器,反之亦然。第二变压器 745 用于隔离总线 750 的通道 710。实际上,可回想到总线 750 是以双绞线的方式实现的。变压器 745 提供计算机或终端与总线之间的电隔离或电解耦。该构造具有避免来自致动器的高 DC 电压经由总线传播以及短路级联通过总线传播的特殊的优点。与不具有电隔离或电解耦的构造相比,还具有对闪电的较低敏感性,这尤其有利于利用合成材料并因此不用作法拉第笼的新一代飞行器。

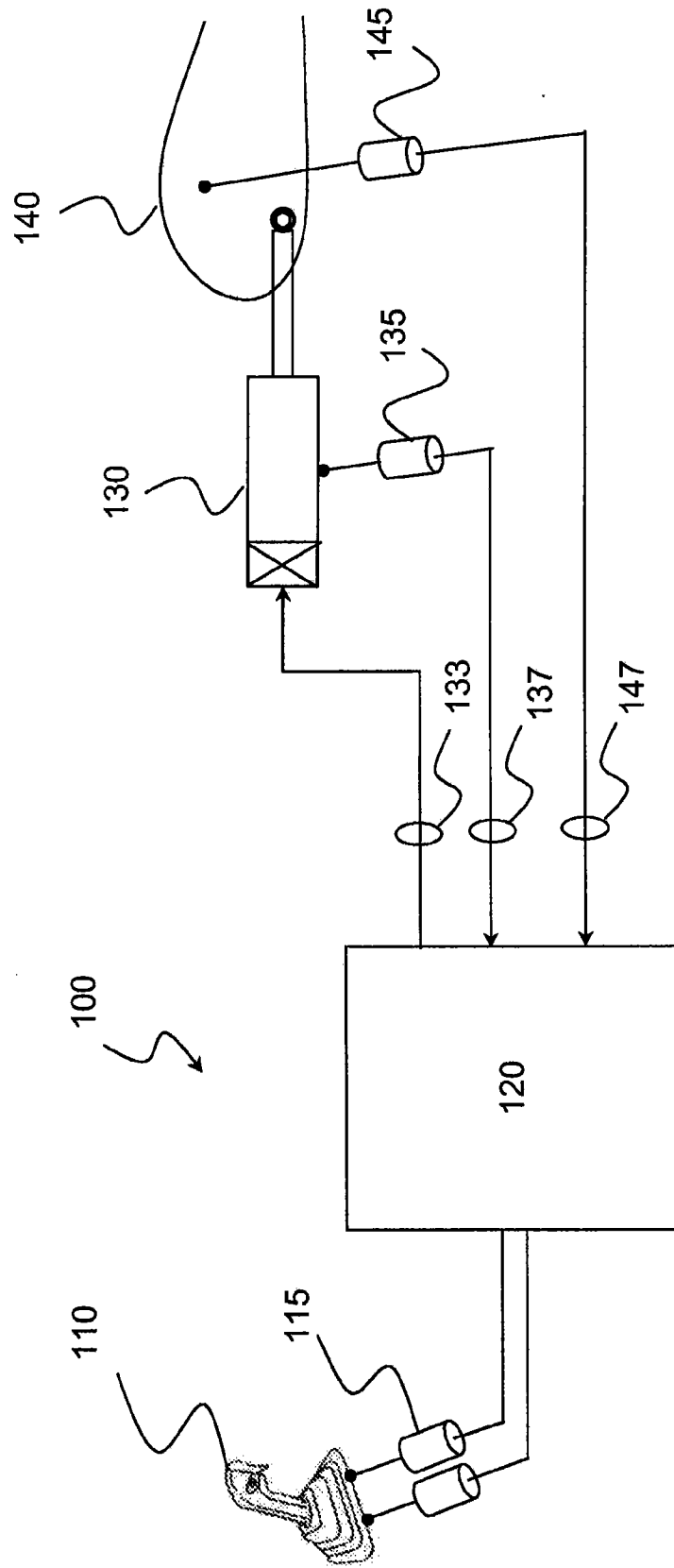


图 1

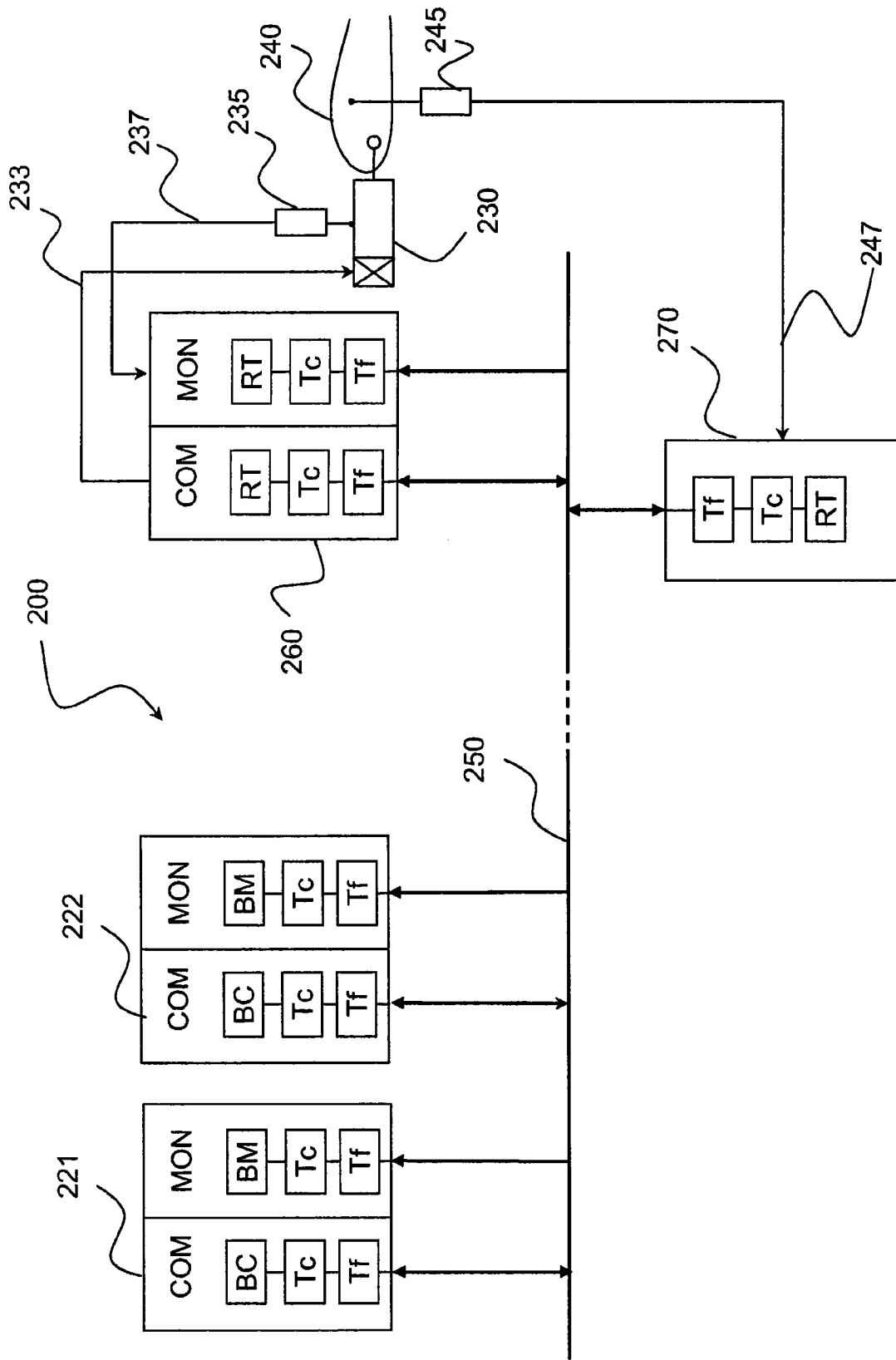


图 2A

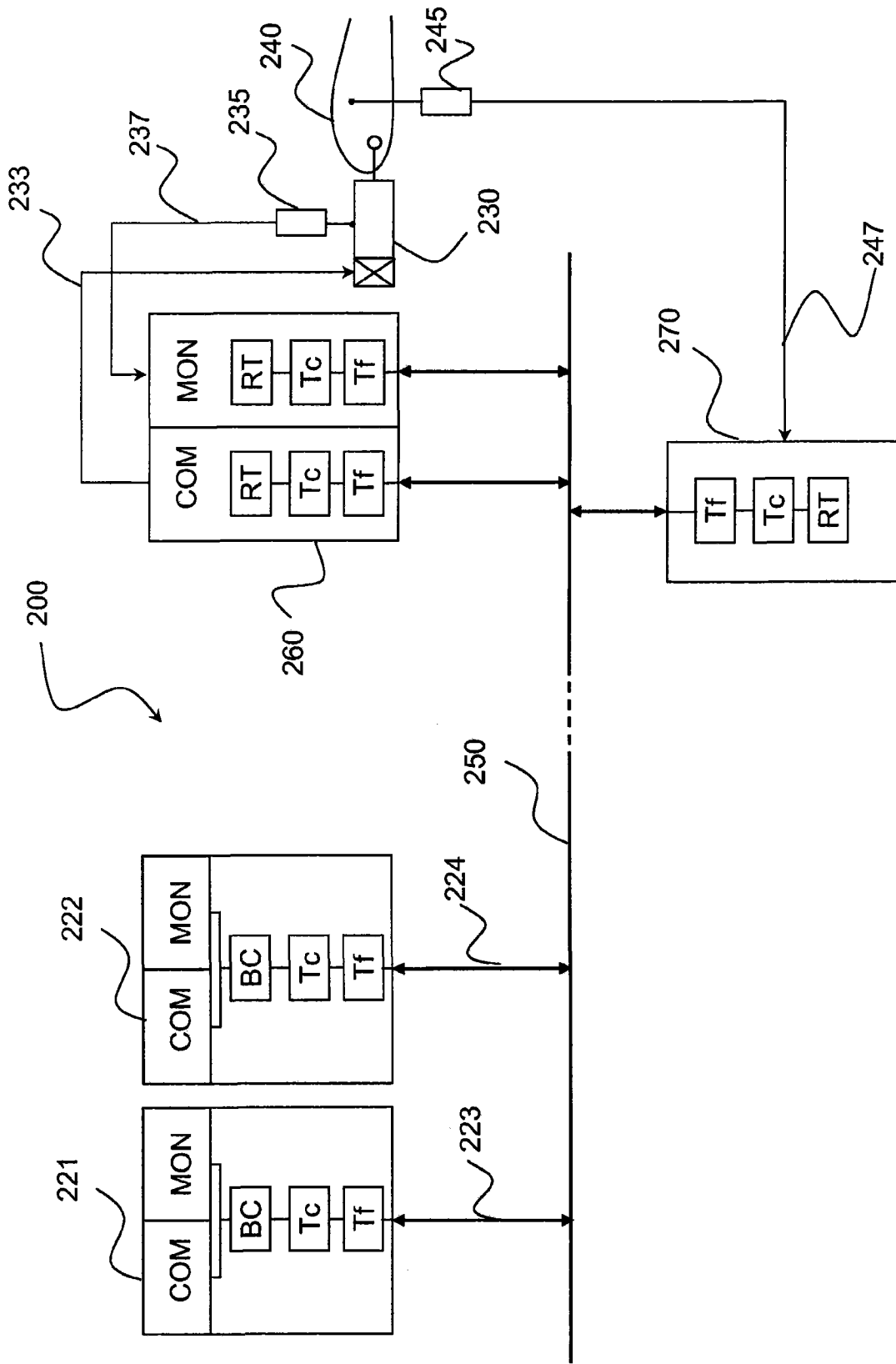


图 2B



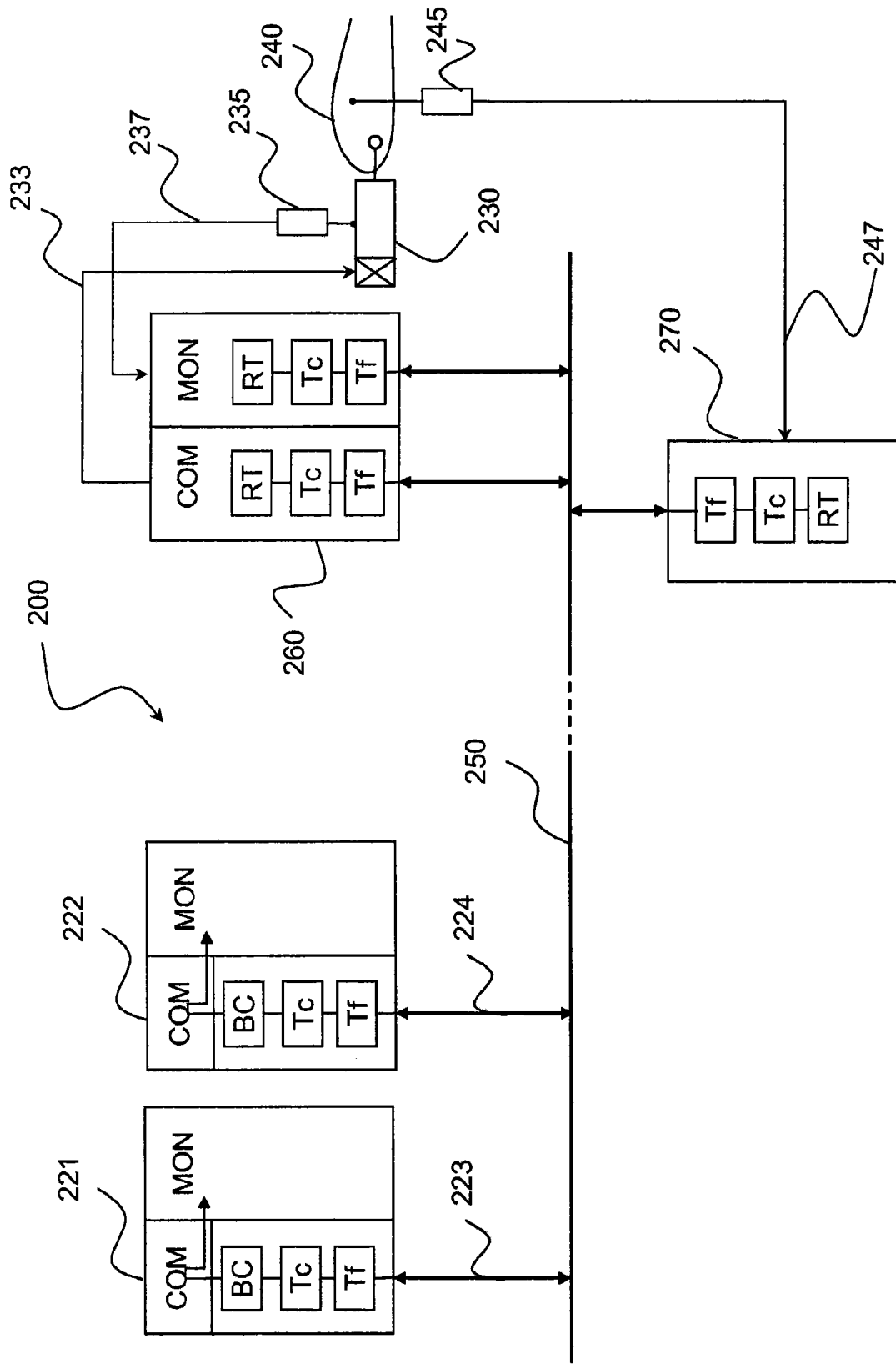


图 2C

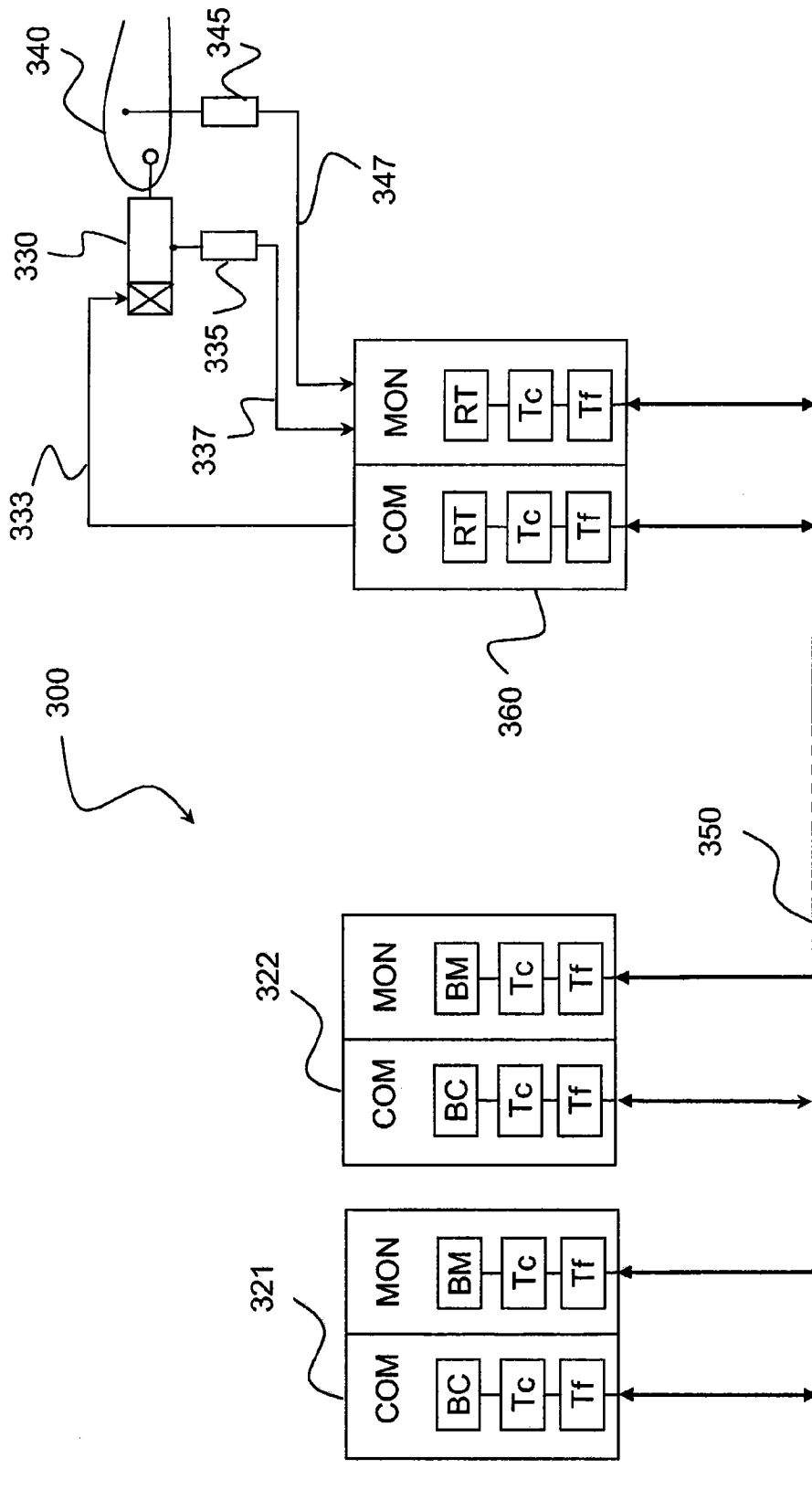


图 3

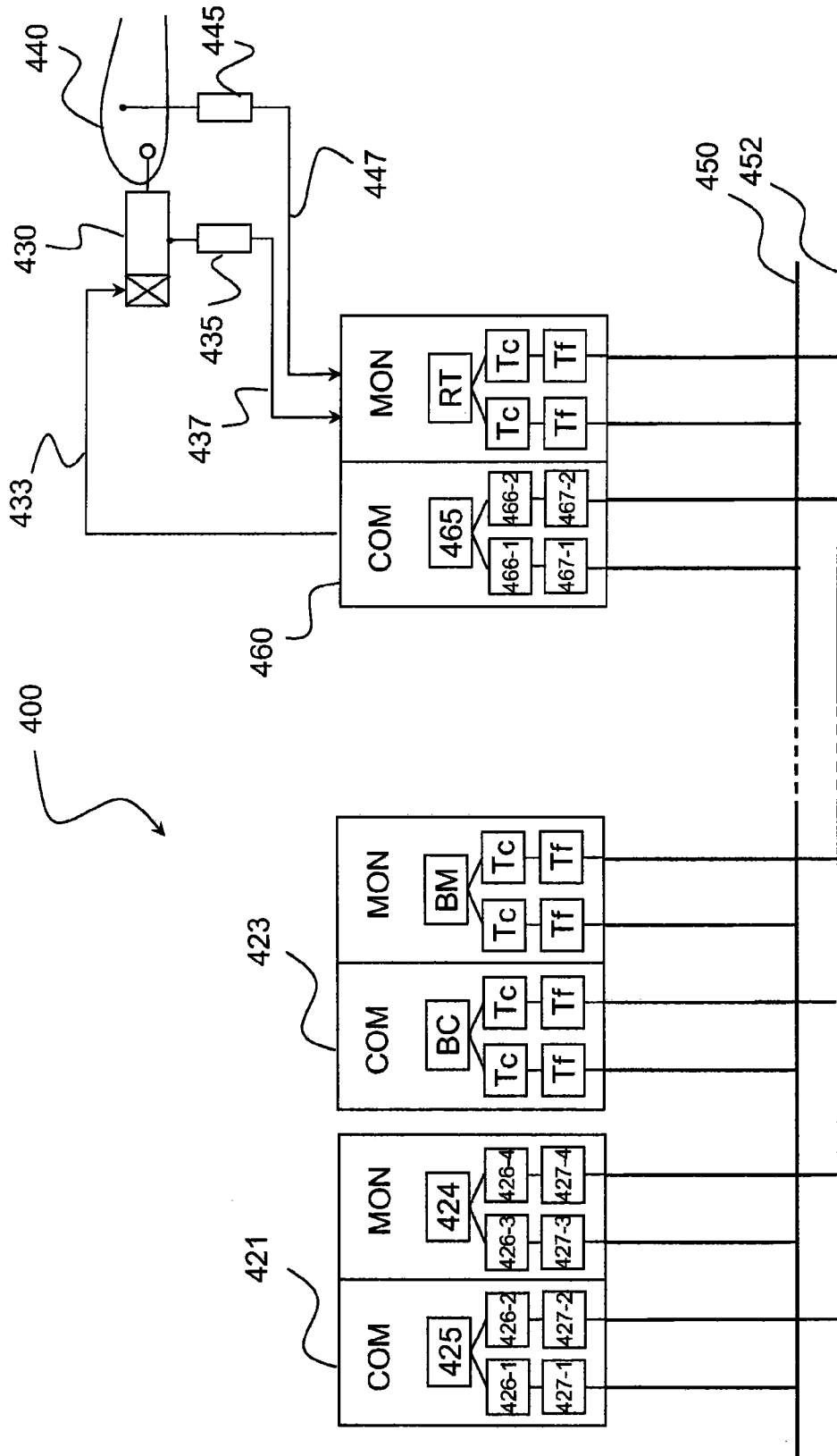


图 4

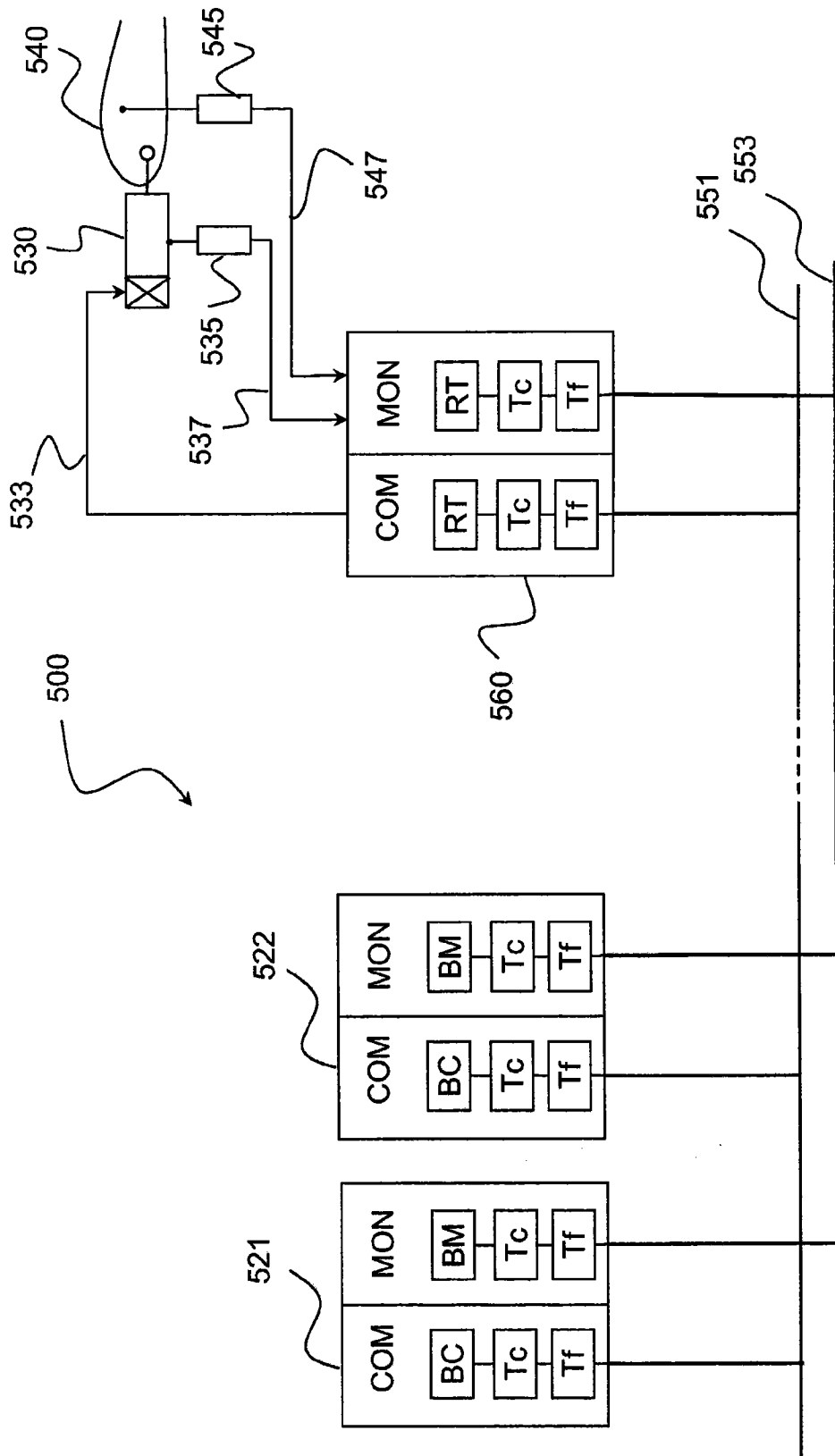


图 5

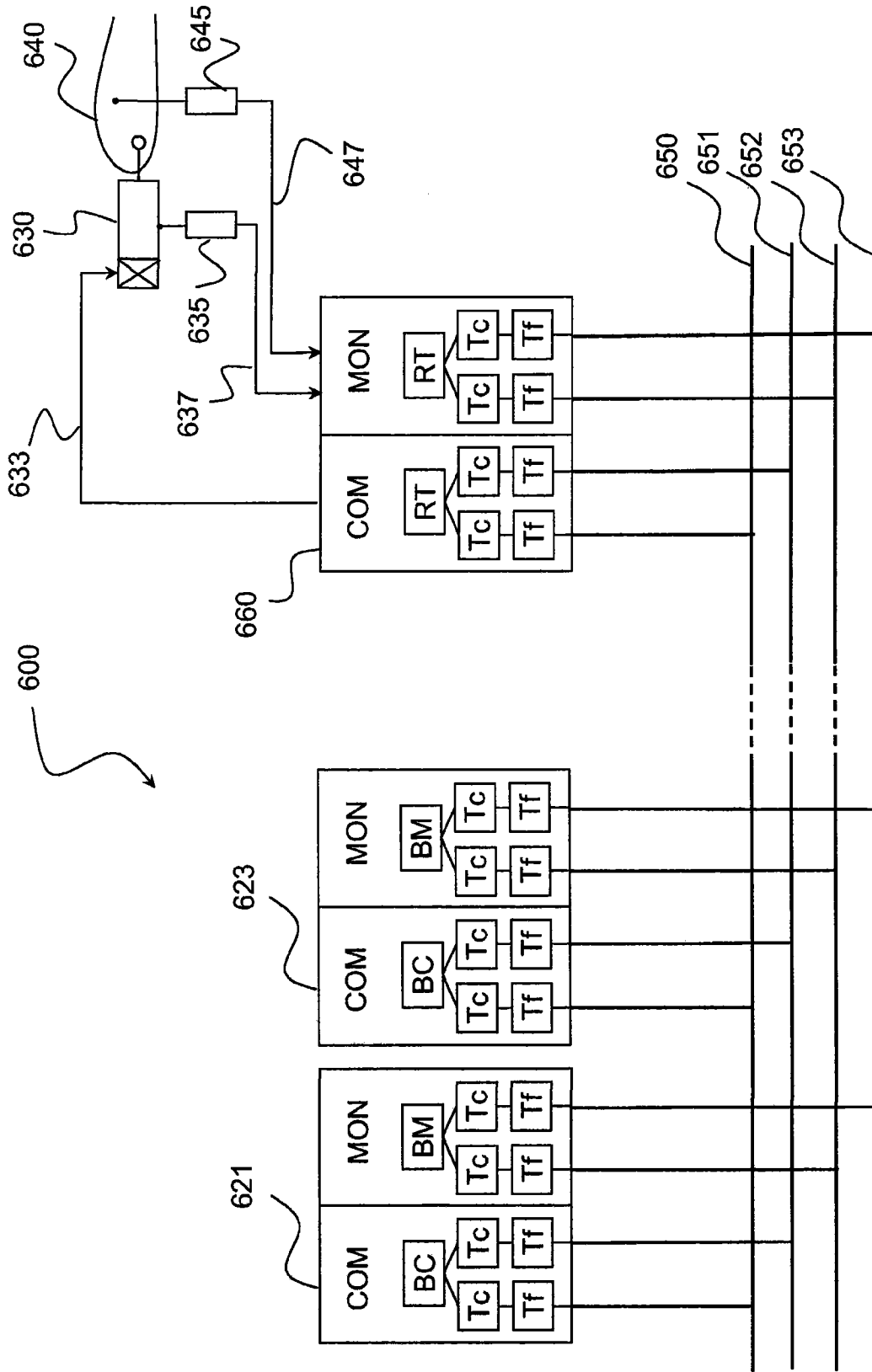


图 6

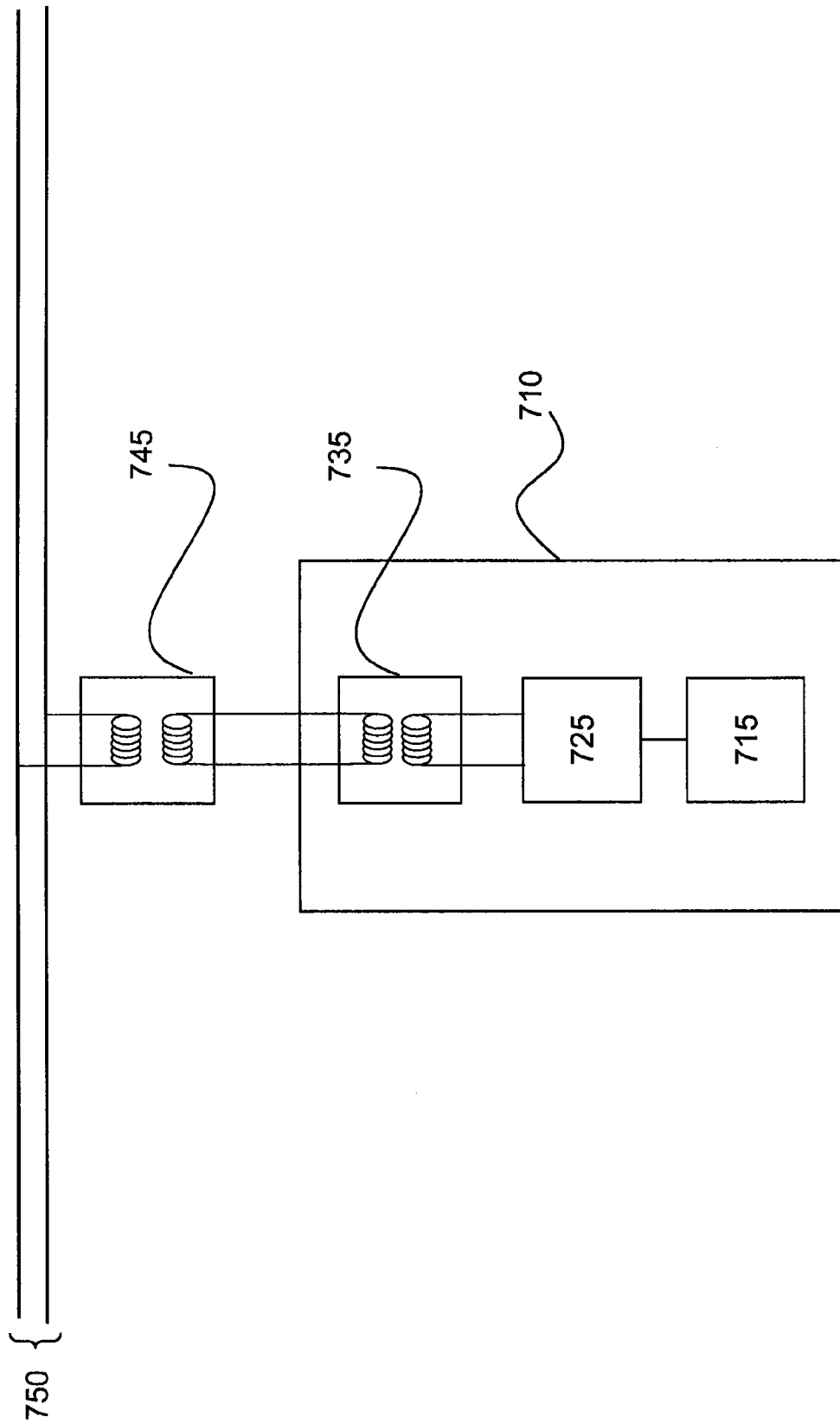


图 7