



## (12)发明专利

(10)授权公告号 CN 103842928 B

(45)授权公告日 2017.05.31

(21)申请号 201280046581.1

(72)发明人 史蒂芬·M·沃森

(22)申请日 2012.07.27

(74)专利代理机构 北京安信方达知识产权代理有限公司 11262

(65)同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 103842928 A

代理人 周靖 郑霞

(43)申请公布日 2014.06.04

(51)Int.Cl.

G06F 1/00(2006.01)

(30)优先权数据

13/193,109 2011.07.28 US

(56)对比文件

US 7860955 B2, 2010.12.28, 权利要求1,说明书第4—6栏,图2.

(85)PCT国际申请进入国家阶段日

2014.03.25

US 2010328849 A1, 2010.12.30, 全文.

(86)PCT国际申请的申请数据

PCT/US2012/048542 2012.07.27

US 2010198535 A1, 2010.08.05, 全文.

(87)PCT国际申请的公布数据

W02013/016635 EN 2013.01.31

US 2011167282 A1, 2011.07.07, 说明书第17,22,33—35段,图2,5.

审查员 李乐

(73)专利权人 施耐德电气IT公司

权利要求书3页 说明书8页 附图4页

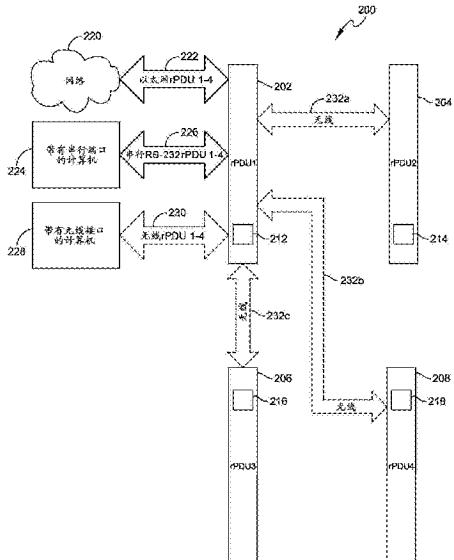
地址 美国罗得岛州

## (54)发明名称

用于配电信息的无线通信的系统和方法

## (57)摘要

一种管理配电单元的系统包括主机架PDU和多个子机架PDU。主机架PDU耦合到网络上，并被配置为接收短程无线信号。多个子机架PDU被配置为发送包括数据测量结果的短程无线信号。主机架PDU接收由多个子机架PDU发送的短程无线信号中的数据测量结果，并且主机架PDU通过网络将数据测量结果发送到计算机。



1. 一种管理配电单元的系统,包括:

一个或多个主机架配电单元PDU,所述一个或多个主机架PDU中的每个主机架PDU包括耦合到网络的端口,并且被配置为接收短程无线信号;以及

多个子机架PDU,所述多个子机架PDU中的每个子机架PDU包括端口并且被配置成发送包括数据测量结果的短程无线信号;

其中,所述一个或多个主机架PDU中的每个主机架PDU被配置成响应于所述端口被连接到所述网络而作为主机架PDU操作、接收由所述多个子机架PDU发送的所述短程无线信号中的所述数据测量结果并经由所述端口通过所述网络将所述数据测量结果发送到计算机,并且

其中所述多个子机架PDU中的每个子机架PDU被配置为响应于所述端口被连接到网络而作为主机架PDU操作。

2. 如权利要求1所述的系统,其中,每个主机架PDU接收来自所述网络的控制数据并将所述控制数据无线地发送到所述多个子机架PDU中的至少一个。

3. 如权利要求1所述的系统,还包括被配置为检测主机架PDU并在检测到所述主机架PDU时将数据发送到所述主机架PDU的子机架PDU。

4. 如权利要求1所述的系统,其中,所述多个子机架PDU中的每一个具有唯一的PDU标识符,并且其中所述多个子机架PDU中的每一个被配置为发送所述唯一的PDU标识符及所述数据测量结果。

5. 如权利要求1所述的系统,其中,所述数据测量结果是功率使用数据测量结果。

6. 如权利要求2所述的系统,其中,所述多个子机架PDU中的每一个子机架PDU包括多个电力输出口,并且被配置为接收来自主机架PDU的控制数据,并基于所述控制数据控制所述多个电力输出口中的至少一个。

7. 一种在数据中心中进行无线通信的方法,所述数据中心包括多个机架配电单元PDU,所述多个机架PDU中的每个包括耦合到网络的端口,所述方法包括:

从所述多个机架PDU中识别通过所述端口连接到所述网络的PDU;

将所识别的PDU指定为主机架PDU;

从多个子机架PDU无线地发送包括一组数据测量结果的短程信号;

由所述主机架PDU无线地接收所述短程信号,每个信号包括来自所述多个子机架PDU中的每一个子机架PDU的所述一组数据测量结果;

将一组主机架PDU数据测量结果添加到多组子机架PDU数据测量结果以创建一组组合的测量结果;

将来自所述主机架PDU的所述一组组合的测量结果发送到网络;以及

将所述多个子机架PDU中的至少一个子机架PDU配置为响应于所述端口被连接到网络而作为主机架PDU操作。

8. 如权利要求7所述的方法,其中,所述多组子机架PDU数据测量结果中的每组包括PDU标识符。

9. 如权利要求7所述的方法,还包括:

将控制数据从所述网络发送到所述主机架PDU;以及

将所述控制数据从所述主机架PDU无线地发送到所述多个子机架PDU中的至少一个。

10. 如权利要求7所述的方法,还包括通过串行连接将来自所述主机架PDU的所述一组组合的测量结果发送到计算机。

11. 如权利要求7所述的方法,还包括在所述主机架PDU处将所述多组子机架PDU数据测量结果收集在队列中。

12. 如权利要求7所述的方法,其中,所述数据测量结果包括功率使用数据测量结果。

13. 如权利要求12所述的方法,其中,所述数据测量结果包括下列中的至少一个:提供给所述多个机架PDU中的每一个机架PDU的每个相的电压、提供给所述多个机架PDU中的每一个机架PDU的每个相的电流消耗、以及提供给所述多个机架PDU中的每一个机架PDU的每个相的功率消耗。

14. 如权利要求12所述的方法,其中,所述数据测量结果包括下列中的至少一个:提供给所述多个机架PDU中的每一个机架PDU的每个输出口的电压、所述多个机架PDU中的每一个机架PDU的每个输出口的电流消耗、以及所述多个机架PDU中的每一个机架PDU的每个输出口的功率消耗。

15. 如权利要求7所述的方法,其中,通过以太网连接将来自所述主机架PDU的所述一组组合的测量结果发送到所述网络。

16. 如权利要求7所述的方法,还包括将所述主机架PDU耦合到所述网络,并且其中,当所述主机架PDU连接到所述网络时,所述多个子机架PDU自动将所述主机架PDU识别为主设备。

17. 一种配电单元,包括:

多个电力输出口,其用于提供输出电力;

输入端,其用于接收来自输入电源的输入电力;

端口,其连接到网络;以及

控制器,在第一操作模式中,所述控制器被配置成作为主控制器运行,并无线地接收来自多个子PDU的数据测量结果以及将所述数据测量结果发送到网络;在第二操作模式中,所述控制器被配置成作为子控制器运行,并将数据测量结果无线地发送到主PDU,其中所述控制器还被配置成在检测到经由所述端口到网络的连接时将在所述第二操作模式下操作转变到所述第一操作模式。

18. 如权利要求17所述的配电单元,其中,在所述第一操作模式中,所述控制器还被配置成接收来自所述网络的控制数据并将所述控制数据发送到所述多个子PDU中的至少一个。

19. 如权利要求17所述的配电单元,其中,在所述第二操作模式中,所述控制器还被配置成接收由所述主PDU无线地发送的控制数据,并基于所述控制数据控制所述多个电力输出口中的至少一个。

20. 如权利要求17所述的配电单元,其中,所述配电单元包括唯一的PDU标识符,并且在所述第二操作模式中,所述控制器被配置为发送所述唯一的PDU标识符及所述数据测量结果。

21. 如权利要求17所述的配电单元,其中,所述控制器被配置成在所述第一操作模式中接收来自所述多个子PDU的唯一的PDU标识符以及所述数据测量结果,并发送每个唯一的PDU标识符及所述数据测量结果。

22. 如权利要求17所述的配电单元，其中，所述数据测量结果是功率使用数据测量结果。

## 用于配电信息的无线通信的系统和方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及用于配电信息的无线通信的系统和方法。

### 背景技术

[0002] 数据中心通常包括包含在设备机架内的多个配电单元 (PDU)。智能的机架安装式配电单元有时称为“机架PDU”，通常连接到计算机或计算机网络上。机架PDU一般包括带有多个插座以向附接的设备供电的至少一个单相或三相分支输入馈电器。机架PDU通常包括计量功能以测量和计算电压、电流、功率和环境数据，以及包括处理器、存储器和网络管理设备以用于远程通信和管理。机架PDU可基于相位和/或断路器组测量总负载数据，并馈送多个插座输出，或者它们可包括计量在每个单独的插座输出处的负载。机架PDU可与计算机或其所连接的计算机网络传送测量结果。在美国专利第6,741,442号中公开了示例性机架PDU，该专利被转让给本公开的受让人西金斯敦罗得岛的美国电力转换公司，该专利全文通过引用并入本文以用于所有目的。

[0003] 当向数据中心添加新的机架PDU时，在新的机架PDU和网络和/或计算机之间安装物理通信电缆以使新的机架PDU能够与计算机或计算机网络共享数据。另外，管理员花费时间将新的机架PDU与新的互联网协议 (IP) 地址关联起来并将新的机架PDU与计算机或计算机网络连接起来。

### 发明内容

[0004] 根据一个方面，提供了允许多个机架PDU彼此进行无线通信的系统和方法。根据一个实施例，提供了允许多个机架PDU通过无线通信与主机架PDU共享单个IP地址的系统和方法。例如，多个子机架PDU可无线地与主机架PDU传送数据，其中，主机架PDU具有IP地址并且连接到计算机网络上。主机架PDU将来自多个子机架PDU的数据发送到计算机网络。

[0005] 根据一个方面，提供了一种包括主机架PDU和多个子机架PDU的管理配电单元的系统。主机架PDU耦合到网络上，并且被配置为接收短程无线信号。子机架PDU被配置成发送包括数据测量结果的短程无线信号。主机架PDU被配置成接收由子机架PDU发送的短程无线信号中的数据测量结果并通过网络将数据测量结果发送到计算机。

[0006] 根据一个实施例，主机架PDU接收来自网络的控制数据并将控制数据无线地发送到子机架PDU中的至少一个。根据另一个实施例，第三机架PDU被配置为检测主机架PDU并在检测到主机架PDU时，将数据传送到主机架PDU。

[0007] 在一个实施例中，子机架PDU中的每一个具有唯一的PDU标识符，并且子机架PDU中的每一个被配置为与数据测量结果一起发送唯一的PDU标识符。在一个实例中，数据测量结果是功率使用数据测量结果。

[0008] 根据另一个实施例，子机架PDU中的每一个包括多个电力输出口，并且被配置为接收来自主机架PDU的控制数据。根据一个特征，子机架PDU基于控制数据控制电力输出口中的一一个或多个。

[0009] 根据一个方面，提供了一种在数据中心中进行无线通信的方法。该方法包括从多个子机架PDU无线地发送包括一组数据测量结果的短程信号，以及由主机架PDU无线地接收短程信号。每个信号包括来自子机架PDU中的每一个的一组数据测量结果。该方法还包括将一组主机架PDU数据测量结果添加到多组子机架PDU数据测量结果中，以及将来自主机架PDU的多组数据测量结果发送到网络。根据一个特征，每组数据测量结果包括PDU标识符。

[0010] 根据一个实施例，该方法还包括将来自网络的控制数据发送到主机架PDU，并将来自主机架PDU的控制数据无线地发送到子机架PDU中的至少一个。根据另一个实施例，该方法还包括通过串行连接将来自主机架PDU的数据测量结果发送到计算机。根据又一实施例，该方法还包括在主机架PDU处将多组PDU数据测量结果收集在队列中。根据一个实施例，通过以太网连接将来自主机架PDU的数据测量结果发送到网络。

[0011] 根据一个实施例，数据测量结果包括功率使用数据测量结果。根据各个实例，数据测量结果包括下列中的一个或多个：提供给机架PDU中的每一个的每个相的电压、提供给机架PDU中的每一个的每个相的电流消耗、以及提供给机架PDU中的每一个的每个相的功率消耗。根据另一实例，数据测量结果包括下列中的一个或多个：提供给机架PDU中的每一个的每个输出口的电压、机架PDU中的每一个的每个输出口的电流消耗、以及机架PDU中的每一个的每个输出口的功率消耗。

[0012] 根据另一个实施例，该方法包括将主机架PDU耦合到网络上。根据一个特征，当主机架PDU连接到网络上时，子机架PDU自动将主机架PDU识别为主设备，并且开始无线地将数据测量结果发送到主机架PDU。

[0013] 根据另一个方面，提供了一种配电单元，该配电单元包括用于提供输出电力的多个电力输出口、用于接收来自输入电源的输入电力的输入端、以及控制器。在第一操作模式中，控制器被配置成作为主控制器运行，并无线地接收来自多个子PDU的数据测量结果以及将数据测量结果发送到网络。在第二操作模式中，控制器被配置成作为子控制器运行，并无线地将数据测量结果发送到主PDU。根据一个特征，该数据测量结果是功率使用数据测量结果。

[0014] 根据一个实施例，在第一操作模式中，控制器还被配置为接收来自网络的控制数据并将控制数据发送到子PDU中的一个或多个。根据另一个实施例，在第二操作模式中，控制器还被配置为接收由主PDU无线地发送的控制数据，并基于控制数据控制电力输出口中的一个或多个。

[0015] 在另一个实施例中，配电单元包括唯一的PDU标识符，并且在第二操作模式中，控制器被配置为与数据测量结果一起传送唯一的PDU标识符。在另一实施例中，控制器被配置为在第一操作模式中接收来自子PDU的、与数据测量结果一起的唯一的PDU标识符，并与数据测量结果一起发送每个唯一的PDU标识符。

## 附图说明

[0016] 附图并不旨在按比例绘制。在附图中，在各图中示出的每个相同或近乎相同的部件用相似的数字表示。为清楚起见，不是每个部件都在每个附图中进行标识。在附图中：

[0017] 图1是根据本发明的实施例的PDU的示意图；

[0018] 图2是根据本发明的一个实施例的包括多个机架PDU的系统的示意图；

[0019] 图3是根据本发明的一个实施例的机架PDU无线通信电路的框图;以及

[0020] 图4示出了根据本发明的一个实施例的在机架PDU之间无线地传送数据的方法的流程图。

## 具体实施方式

[0021] 本发明的实施例的应用不限于下文描述提出的或附图图示的部件的结构和布置的细节。本发明的实施例能够具有其他实施例并且能够以各种方式实践或实施。另外,这里使用的措辞和术语是为了描述的目的,而不应被理解为限制性的。本文中使用的“包括”、“包含”或“具有”、“含有”、“涵盖”等措辞及其变型意在包括其后列出的项目及其等价物以及其他项目。

[0022] 图1示出了具有适于安装在典型的设备机架(未示出)内的竖直安装的形状因数的配电单元100。PDU 100可连接到断路器上。断路器向PDU100提供电力,PDU 100可被配置为具有几个子分支断路器102a-102f。在图示的实例中,输入分支电路馈送器104是三相断路器,并且输入分支电路馈送器104分解成具有输出口插座106a-106f和108a-108f的六个子分支断路器102a-102f。根据一个特征,PDU 100的每个子分支断路器102a-102f是由输入相中的两个馈送的,并在208伏特下馈送一个或多个输出口插座106a-106f和108a-108f。在图示的实例中,六个分支断路器102a-102f各自具有两个输出口插座106a-106f和108a-108f。因此,PDU 100包括12个输出口插座106a-106f和108a-108f,这12个输出口插座106a-106f和108a-108f可以连接到IT负载(例如服务器)上。

[0023] 根据一个特征,PDU 100包括传感器以监测分配到附接在PDU 100的设备上的电力。在多个实例中,PDU 100可监测提供给PDU 100的每个相的电压、提供给PDU 100的每个相的电流消耗、提供给PDU 100的每个相的功率消耗以及环境信息,例如,在PDU 100上的各个位置处的温度和湿度。在其他的实例中,PDU 100可监测提供给每个输出口插座106a-106f和108a-108f的电压、每个输出口插座106a-106f和108a-108f的电流消耗、以及每个输出口插座106a-106f和108a-108f的功率消耗。在另一些实例中,PDU 100可监测PDU 100的供电状态,其可监测与电压、电流和其他阈值相关的报警,并且其可监测附接到PDU 100上的设备的序列号和型号。

[0024] PDU 100包括控制器110,该控制器110用于接收所测量的数据并将该数据提供到外部数据日志、软件程序或计算机网络。该数据可由系统管理员或其他PDU用户(他们可使用该数据来监测PDU)使用,以便监测PDU上的功率消耗,并进行关于系统效率的计算。在一些实例中,用户可使用该数据来规划未来的能量需求,做出有关升级设备的决定,并确定系统的可靠性。

[0025] 根据一个方面,安装PDU 100包括配置一组信息。例如,当安装PDU100时,管理员可以校准单元,配置报警阈值,建立单元标识,配置输出口调度,并设置单独的输出口的开/关状态。

[0026] 在一些实施例中,多个机架PDU被安装在数据中心中,并且机架PDU被连接成使得它们能够彼此通信。例如,可使用有线控制器区域网络(CAN)通信连接机架PDU。对于PDU之间的有线连接而言,用户具有到每个单元的接线的物理接入。此外,如果每个PDU单独地连接到网络上,则每个PDU被建立有其自己的IP地址。

[0027] 图2是根据本发明的一个实施例的系统200的示意图，系统200包括经由连接232a-232c无线地连接的第一机架PDU 202、第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208。在图2的图示实例中，第一机架PDU 202是主机架PDU。第一机架PDU 202通过以太网连接222连接至计算机网络220上，且第一机架PDU 202通过串行连接226连接到带有串行端口的计算机224上。在一个实例中，串行连接226是RS-232标准连接。第一机架PDU 202也通过无线链路230连接到带有无线接口的计算机228上。在其他实施例中，第一机架PDU 202连接至计算机网络220中的一个，带有串行端口的计算机224和带有无线接口的计算机228。在其他实施例中，第一机架PDU 202连接至计算机网络220、带有串行端口的计算机224和带有无线接口的计算机228中的两个上。在一个实施例中，存在包括串行端口和无线接口的一个计算机224、228。

[0028] 如图2中所示，第一机架PDU 202也通过无线连接232a-232c无线地连接到第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208。根据一个特征，在第一机架PDU 202与第二机架PDU 204之间、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208之间的无线连接232a-232c允许第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208通过第一机架PDU 202与网络220、带有串行端口的计算机224和带有无线接口的计算机228进行通信。根据一个特征，第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208可与网络220和计算机224和计算机228通信，而无需具有单独的IP地址。第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208可各自具有唯一的设备标识号，该唯一的设备标识号包括在机架PDU发送的任何数据中。根据一个实施例，第一机架PDU 202接收来自第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208的包括唯一的设备识别号的数据。第一机架PDU 202将其接收自第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208的数据发送到网络220、计算机224和计算机228中的一个或多个中。在一些实施例中，第一机架PDU 202将接收自第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208的数据保存在队列中，然后将该数据发送至网络220、计算机224或计算机228。根据一个特征，第一机架PDU 202具有IP地址，并且使用第一机架PDU 202的IP地址，通过第一机架PDU 202发送来自第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208的数据。

[0029] 根据一个实施例，第一机架PDU 202还可将来自网络220或计算机224和计算机228的命令发送到第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208。根据一个特征，第一机架PDU 202、第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208各自具有唯一的设备标识号，从而允许在网络上单独识别每个机架PDU。因此，用户可以通过第一机架PDU 202识别所选择的机架PDU并在所选的机架PDU上配置设置。

[0030] 在第一机架PDU 202和第二机架PDU 204之间、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208之间的无线连接可以是低功率、短程的无线接口。例如，无线电通信的范围可以是约2英尺、约3英尺、约1米、约2米、约3米、约4米、或约5米。根据一个特征，使用低功率、短程的无线通信信号降低了与可能存在于数据中心中的其他设备的干扰。另外，可以低成本地实现低功率、短程的无线通信，因为它可以使用简单的无线电电路来实现。

[0031] 根据另一实施例，连接第一机架PDU 202、第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208的短程无线接口可以是安装在每个机架PDU中的专用无线接口设备。在另一个实施例中，具有短程无线接口的无线道尔芯片被安装在第一机架PDU 202、第二机架

PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208中的一个或多个中。在一个实例中，与主机架PDU通信以便接收来自第一机架PDU 202、第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208的信息的、包括短程无线接口的便携式计算机(例如计算机228)可能是便携式计算机。在另一实例中，具有短程无线接口的无线道尔芯片被附接到带有无线接口的计算机228的USB接口上，以便于与主机架PDU通信。

[0032] 在第一机架PDU 202、第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208之间的无线通信采用了一种低电压、无线通信标准。在一个实例中，无线通信协议是IEEE标准802.15.4。在另一个实例中，无线通信协议是ZigBee®。在另一个实例中，无线通信协议是蓝牙。在另一个实例中，无线通信协议是Texas Instruments SimpliciTI™协议。在其他实例中，无线通信协议可以是类似的简单协议。根据一个特征，机架PDU之间的无线传输速率可以是约500kbps、约1.0Mbps、或在约500kbps和1.0Mbps之间。

[0033] 根据一个实施例，机架PDU之间的无线电网络可使用星形网络拓扑结构。在星形网络拓扑结构中，一个机架PDU是主机架PDU，并且网络中的所有其他机架PDU直接与主机架PDU通信。根据另一个实施例，机架PDU之间的无线电网络可使用网状网络拓扑。在网状网络拓扑中，不是网络中的每个机架PDU都直接与主机架PDU通信。在网状网络中，一个或多个机架PDU可与一个或多个临时机架PDU通信，然后该一个或多个临时机架PDU将其接收到的所有数据中继到主机架PDU。

[0034] 根据一个实施例，机架PDU 202、204、206和208包括控制器212、214、216和218。第一机架PDU 202包括第一控制器212，第二机架PDU 204包括第二控制器214，第三机架PDU 206包括第三控制器216，并且第四机架PDU 208包括第四控制器218。控制器214、216和218分别收集在机架PDU 204、206以及208中测量的数据，并将该信息发送到第一机架PDU 202。第一机架PDU 202中的控制器212接收来自第二控制器214、第三控制器216和第四控制器218的数据，并将该数据以及其接收自第一机架PDU 202的数据发送到网络220和计算机224和计算机228。

[0035] 根据一个实施例，第一机架PDU 202、第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208是相同的，并且每个机架PDU的无线接口以同样的方式操作。用户可仅仅通过将所选的PDU连接到计算机或网络来确定哪一个机架PDU成为主PDU。当一个机架PDU连接到计算机或网络时，其他的机架PDU自动变成子PDU并开始与主PDU无线地接口以将其数据发送到计算机或网络。

[0036] 根据一个方面，在多个机架PDU之间的无线通信将简化由终端用户对机架PDU的管理。根据一个特征，一旦多个无线机架PDU彼此紧密接近地通电时，PDU就自动在它们之间创建网络。只有其中一个PDU可连接到计算机或计算机网络，但可由终端用户使用该连接自动地配置网络中的所有PDU。用户可简单地通过将机架PDU插入在网络的范围内来将其添加到无线PDU网络中。用户可添加机架PDU而无需为机架PDU配置新的IP地址或将其物理地布线到另一个PDU或网络中。

[0037] 图3是根据本发明的一个实施例的机架PDU无线通信电路300的框图，该机架PDU无线通信电路300包括射频电路板302和网络管理卡(NMC)304，NMC 304包括安装在机架PDU(例如，图1的机架PDU 100)中的控制器单元306。控制器单元306收集在机架PDU中测量的数据，并通过数字接口308将数据发送到收发器310。根据一个特征，控制器单元306是集成电

路，并且在一个实例中，它是Rhodes ASIC。收发器310通过天线连接和调谐电路312将数据发送到天线314。天线314无线地将数据发送到其他机架PDU。

[0038] 根据一个实施例，机架PDU无线通信电路300被安装在主机架PDU中，主机架PDU连接到网络和计算机中的一个或多个（例如，图2的第一机架PDU 202）。在主机架PDU中，天线314还无线地接收来自其他机架PDU的数据，并通过天线连接和调谐电路312将数据发送到收发器310。收发器310通过数字接口308将接收到的数据发送到控制器单元306，该控制器单元306在NMC 304中。NMC 304通过NMC/显示接口320将数据发送到以太网连接322和串行连接324。在一些实施例中，数据显示在LCD显示器326上。LCD显示器326可显示来自其安装在其中的机架PDU的数据，并且其还可显示来自其他机架PDU的数据，其无线地接收来自这些其他机架PDU的数据。

[0039] 根据一个特征，如果网络可用的话，NMC 304将机架PDU连接到网络上。参照图2，第一机架PDU 202通过以太网连接222连接到网络220，并通过串行连接226连接到计算机224。第二机架PDU 204、第三机架PDU206和第四机架PDU 208不直接连接到网络220或计算机224，尽管它们可能具有包括NMC 304的电路300。

[0040] 根据另一实施例，机架PDU无线通信电路300被安装在子机架PDU中，该子机架PDU不直接连接到网络或计算机，例如，图2的第二机架PDU 204、第三机架PDU 206和第四机架PDU 208。在子机架PDU中，当天线314无线地接收来自其他子机架PDU中的数据时，其通过天线连接和调谐电路312向收发器310发送数据，然后收发器310通过天线连接和调谐电路312将数据重新发回，以便用于无线传输到其他机架PDU，比如，主机架PDU。

[0041] 根据一个实施例，收发器310是低功率收发器，并且在一个实例中，收发器310是2.4GHz射频收发器。在其他实例中，收发器310可使用不同的射频。在一个实例中，收发器310电路的尺寸约为7mm x 7mm，并且其可小于约7mm x 7mm。在一个实例中，该收发器是QFN-48电路。

[0042] 根据另一实施例，天线314在射频电路板302的外部。在另一实施例中，天线314是印刷电路板（PCB）天线。根据一个实施例，射频电路板302被封在外壳中，并且天线为PCB天线，并且PCB天线被安装在壳体中的开口附近。在一个实例中，天线被印刷在26mm x 8mm的印刷电路板上。在其他实例中，天线可被印刷在具有任何选定的尺寸的电路板上。

[0043] 根据一个特征，机架PDU无线通信电路300可在两个机架PDU之间的无线接口316中使用频率捷变。频率捷变是快速转换无线接口316的操作频率的能力。根据一个特征，频率捷变可允许在可能具有来自其他源的无线电噪声的环境中进行稳健的通信。

[0044] 根据另一个特征，可采用自动信道选择逻辑来允许多组机架PDU集群彼此独立地操作。使用自动信道选择逻辑，集群中的机架PDU可通过选定的信道相互通信而无需接收来自其他集群中的机架PDU的数据，其他集群中的机架PDU使用不同的选定信道。

[0045] 根据一个方面，包括无线通信电路的机架PDU可包括自动配置选项。在该选项下，当一个无线机架PDU被放置在接近另一个无线机架PDU时，开始进行自动配置。该无线机架PDU彼此识别，验证其他设备的授权，确定通信参数，并开始进行数据传输。根据一个特征，具有串行、以太网或者无线计算机连接中的一种或多种的无线机架PDU将成为主机架PDU。根据一个实施例，具有串行、以太网或者无线计算机连接中的一种或多种的无线机架PDU将

不向其他无线机架PDU发送数据。根据另一个实施例，如果多于一个无线机架PDU具有串行、以太网或者无线计算机连接中的一种或多种，未连接的无线机架PDU将与其首先识别的已经连接的无线机架PDU进行通信。根据另一个实施例，如果多于一个无线机架PDU具有串行、以太网或者无线计算机连接中的一种或多种，未连接的无线机架PDU将与物理上最接近它并且有最强的无线信号的已经连接的无线机架PDU进行通信。根据另一实施例，如果多于一个无线机架PDU具有串行、以太网或者无线计算机连接中的一种或多种，未连接的无线机架PDU将与其所识别的所有已经连接的无线机架PDU进行通信。

[0046] 根据一个实施例，用户手动选择哪些机架PDU彼此进行无线通信。用户可使用无线接口来选择哪些机架PDU彼此通信。根据一个实例，用户可不考虑机架PDU无线通信网络的自动配置。根据另一实例，可禁用机架PDU无线通信网络的自动配置。在一个实例中，用户可选择哪些机架PDU与主机架PDU进行通信。在具有多个主机架PDU的实例中，用户可选择哪个主机架PDU与每个子机架PDU进行通信。

[0047] 根据一个实施例，无线通信功能可内置到机架PDU中作为标准特征。根据另一个实施例，用户能够远程配置无线机架PDU的设置。例如，用户能够远程地建立警报阈值和接通无线机架PDU的输出口。

[0048] 图4示出了根据本发明的一个实施例的在机架PDU之间无线地传送数据的方法400的流程图。在方框402中，多个机架PDU中的每个无线地发送包括一组数据测量结果的短程信号。数据测量结果可以是功率使用数据测量结果。在方框404中，短程信号每一个包括一组数据测量结果，这些短程信号由主机架PDU无线地接收。在方框406中，主机架PDU将其的一组数据测量结果添加到多组数据测量结果中。在方框408中，主机架PDU通过以太网连接将来自主机架PDU的多组数据测量结果发送到网络。在方框410中，主机架PDU通过串行连接将来自主机架PDU的多组数据测量结果发送到计算机。根据一个特征，多个数据测量结果中的每个包括PDU标识符。

[0049] 根据一个实施例，主机架PDU在接收到来自其他PDU的数据时发送该数据。在其他实施例中，主机架PDU在发送数据前将数据收集在队列中。该队列可以是先进先出(FIFO)队列。在一个实例中，子机架PDU收集选定量的数据，然后将该选定量的数据发送到主机架PDU。

[0050] 根据一个实施例，在机架PDU之间的无线通信是一种短程、低功率的无线信号。在机架PDU之间的无线通信可使用低电压的无线通信标准。在一个实例中，无线通信协议是IEEE标准802.15.4。在另一个实例中，无线信号是射频信号。在另一个实例中，无线通信协议是ZigBee®。在另一个实例中，无线通信协议是蓝牙。在另一个实例中，无线通信协议是Texas Instruments SimpliciTI™协议。在其他实例中，无线通信协议可以是类似的简单协议。根据一个特征，机架PDU之间的无线传输速率可以是约500kbps、约1.0Mbps、或在约500kbps和1.0Mbps之间。

[0051] 如上所述，除了用于与其他机架PDU进行通信的无线收发器以外，示例性的机架PDU可包括用于测量功率数据的嵌入式传感器、用于与外部设备(包括其他机架PDU)通信的网络管理设备、以及对测量和收集的数据执行计算的计算机处理。在某些实施例中，机架PDU可包括用于与附接的显示器进行通信以便将计算出的信息输出给用户的嵌入式显示器或通信端口。

[0052] 在某些实施例中，机架PDU测量并记录根据按照相位和/或断路器组的汇总组的电流、电压和功率计算值。一些机架PDU还可以被配置为测量每个单独的输出口的这些属性并可以把这些单独的数据点加起来以便计算总断路器组和/或相负荷。该数据可按照某个可配置的时间范围记录在本地存储器文件中。在某些实施例中，机架PDU还可以使用网络通信协议与外部设备和/或软件进行通信以收集必要的数据作为用于计算的输入。机架PDU可被配置为记录任何这些数据记录作为数学算法的输入来优化配置并向用户输出推荐。机架PDU还可以被配置成包括新的处理例程，这些例程被嵌入在机架PDU中来取得测量的数据，并通过网络管理卡和/或用户显示接口输出上述建议，测量的数据包括实时的、存储器记录的和/或外部的数据输入作为进行计算的过程的输入。

[0053] 这里所公开的系统和方法可用于具有多组断路器或带有单相电力输出的单相或三相电力输入的任何配电设备。

[0054] 因此，应该注意，在此公开的系统和方法可以提供用于用户获得最大效率并增加系统可靠性的自动的、易于使用的、定位的（例如，通过将显示器提供在机架PDU上）一组嵌入式计算、比较和相关推荐。实施例可包括在执行自动计算时考虑的一组客户可配置的变量和/或限制，以便以匹配他们需要的安全等级的方式为客户在使用自动化的工具时提供最大的灵活性。这些系统和方法还可以提供对可用功率的全面检查，考虑历史和/或实时（即，最大和/或平均负载信息）数据，并且考虑冗余系统中的电源损耗，以及用户可配置的最大负载阈值，以便确保用户或运营商配置附接的负载时具有最大的鲁棒性并符合用户的策略偏好，以便使得过载和负载降低的概率最小。

[0055] 本文公开的数据的嵌入算法和计算可被配置成提供附接设备的电力连接的最佳配置推荐和本文所述的其他推荐。实施例可包括利用来自外部设备的通信方法。这种外部设备可包括其他的机架PDU、其他硬件（例如，远程电源板或馈送器PDU）、和/或其他外部软件，例如，由西金斯敦、罗得岛的美国电力转换公司提供的APC Infrastruxure Central、或第三方应用程序、和嵌入到机架PDU本身中的该数据的处理以便基于外部信息和在机架PDU本身内收集的数据提供用户推荐和/或计算的数据。实施例还包括内置在机架PDU中的显示器，如LCD、LED、或其他类型的显示器、以及可交互地将这些推荐实时显示给在机架PDU处的用户的任何相关联的用户界面。替代实施例可包括直接连接到机架PDU上的可选的外部显示器，如LCD、LED、或其他类型的显示器、以及可交互地将这些推荐实时显示给在机架PDU处的用户的任何相关联的用户界面。还可以提供通过嵌入式web接口、SNMP、串行或将在机架PDU中处理的信息传递到其他设备的任何其他通信方法来将此数据传递到远程位置的方法。

[0056] 在某些实施例中，测量结果可记录在PDU的网络管理卡的嵌入式存储器中，例如，以便用于数据分析的目的。运营商可以利用该测量数据，特别是电流和功率数据，以便实现特定的性能改进。例如，这种测量数据可用于监测电流消耗以避免电路过载。测量数据的另一个用途可以是跟踪功率使用情况以便用于容量或冷却计划。

[0057] 因此，虽然描述了本发明的至少一个实施例的多个方面，但要理解，本领域技术人员容易想到各种更改、修改和改进。这样的更改、修改和改进旨在作为本公开的一部分，并且旨在落入本发明的精神和范围内。例如，电气部件的可替换配置可以用于产生类似的功能，例如，收发器功能或其他功能。相应地，前面的描述和附图仅是示例性的。

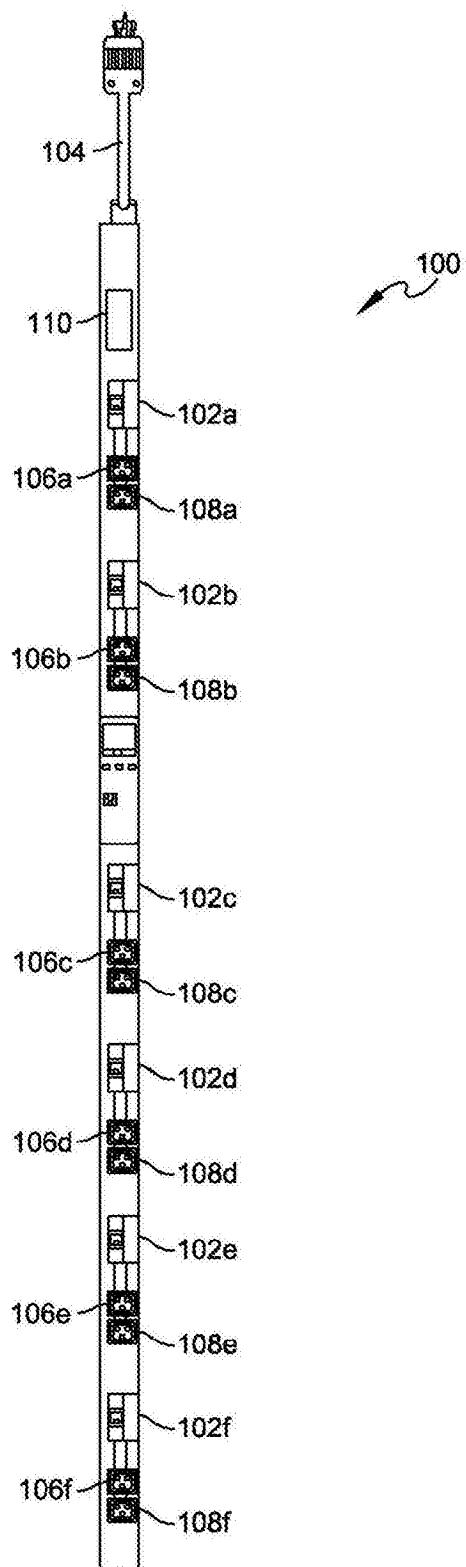


图1

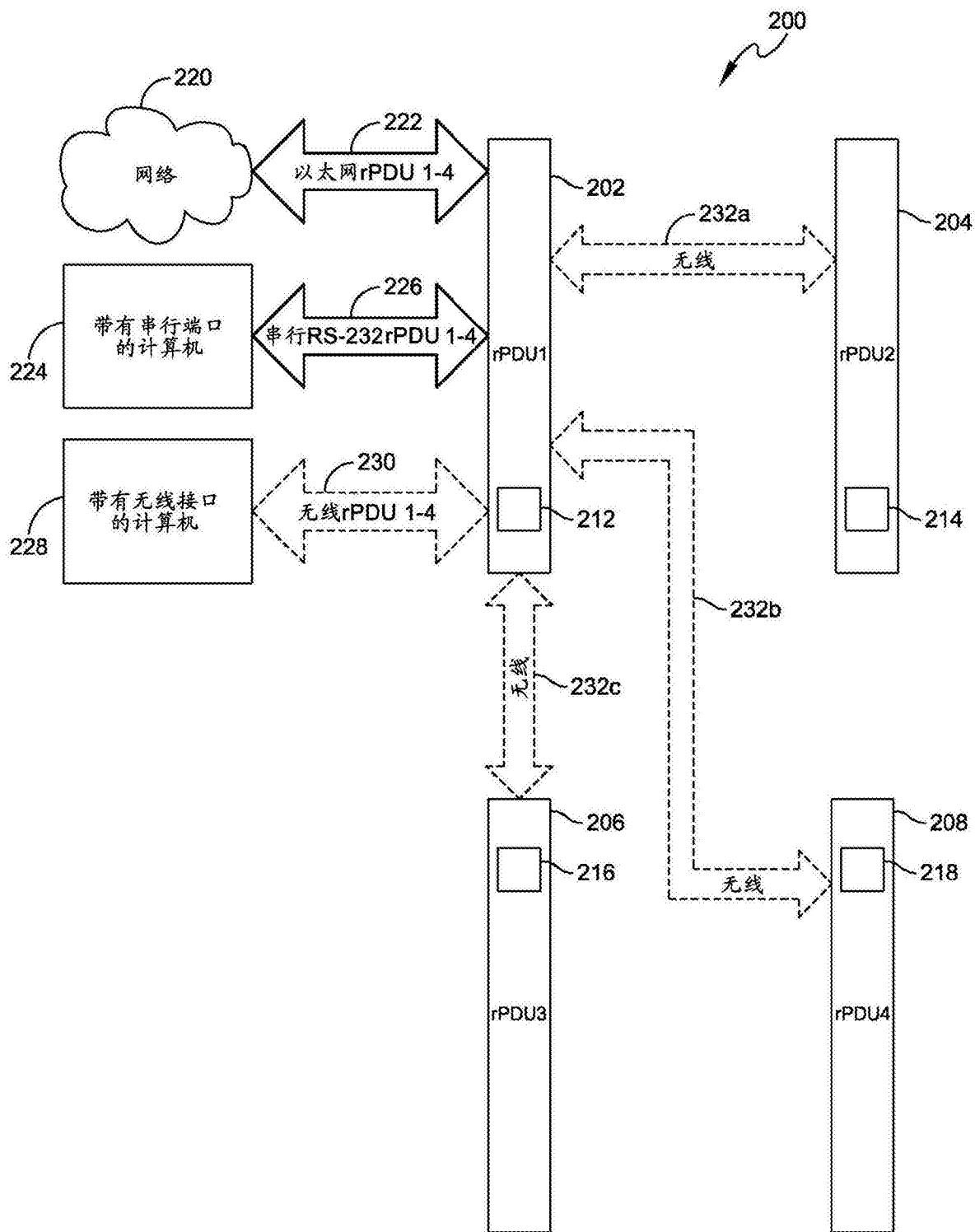


图2

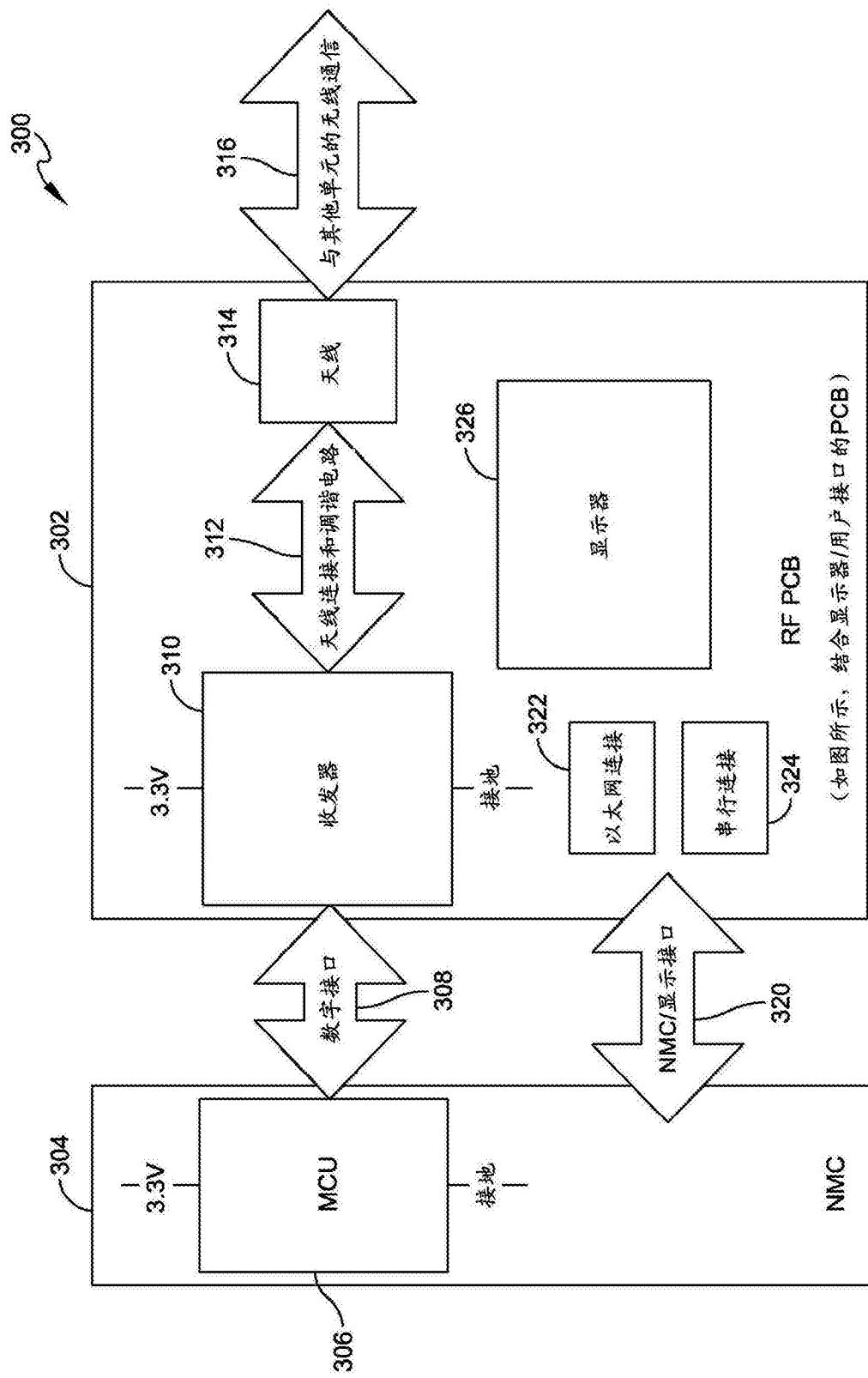


图3

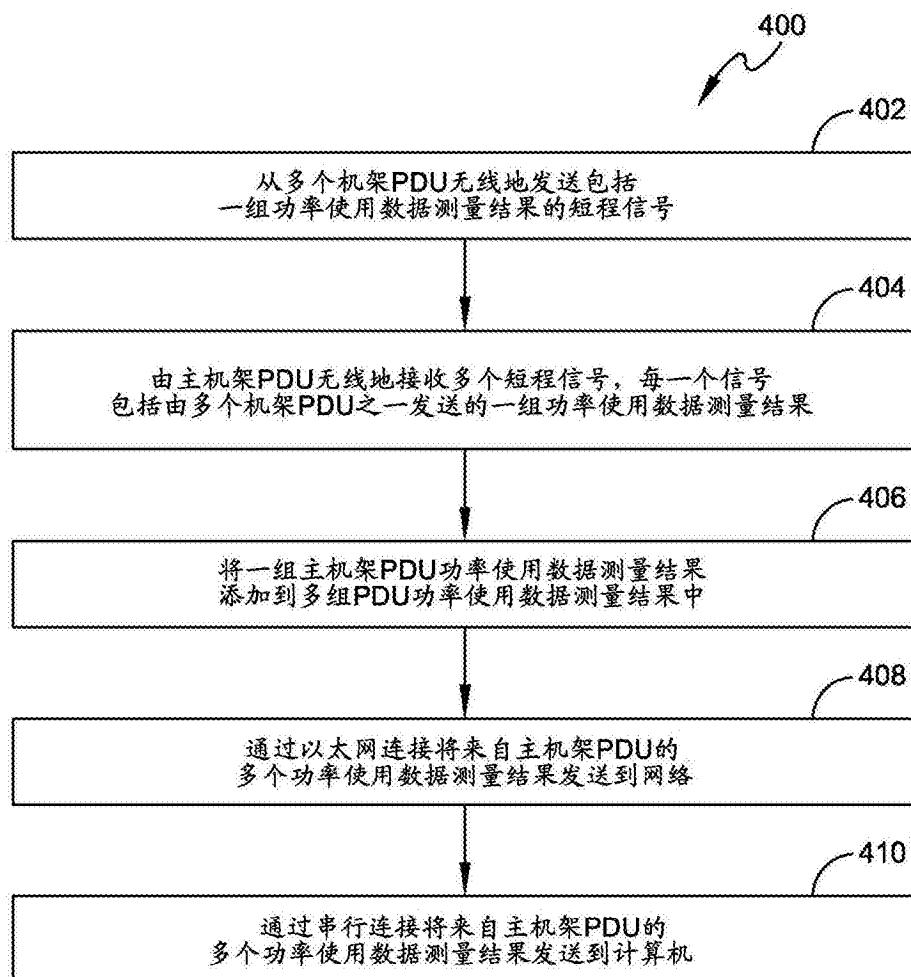


图4