

一种通信方法、装置及计算机可读存储介质

本申请要求于 2021 年 11 月 23 日提交中国专利局、申请号为 202111396726.8、申请名称为“一种通信方法、装置及计算机可读存储介质”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

本发明涉及通信技术领域，尤其涉及一种通信方法、装置及计算机可读存储介质。

背景技术

可重构智能表面(reconfigurable intelligent surface, RIS)是一种通过改变材料表面单元的介电常数的可重构天线技术。RIS 技术可以基于不同状态之间的转换调控，来实现在空间维度上对电磁波的操控，也即是通过改变材料表面单元的介电常数，来对电磁波的方向、幅度、相位等进行调控。无线传能(wireless power transfer, WPT)是一种通过电磁波实现无接触式的能量传输和充电的无线技术。智慧无线电环境(smart radio environment, SRE)是一种通过 RIS 和 WPT 等技术手段实现人为调控的无线电磁波传播环境(信道)。SRE 技术可以缓解传统的无线信道多径传播和多普勒扩展等引起的影响，从而可以提升无线通信系统的吞吐量性能。

然而，在通过 RIS 实现 SRE 的过程中，需要测量终端设备与 RIS 之间的信道状态信息(channel state information, CSI)以及 RIS 与接入网设备之间的 CSI。而测量终端设备与 RIS 之间以及 RIS 与接入网设备之间的 CSI 所需系统开销较大，以致降低了通信系统的吞吐量。因此，如何提高通信系统的吞吐量非常重要。

发明内容

本发明实施例公开了一种通信方法、装置及计算机可读存储介质，用于提高通信系统的吞吐量。

第一方面公开一种通信方法，该通信方法可以应用于调控板，也可以应用于调控板中的模块(例如，芯片)，下面以应用于调控板为例进行描述。该通信方法可以包括：

接收来自接入网设备的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

根据该位置信息调整调控板的位置；

接收来自该接入网设备的状态图样；

根据该状态图样调整该调控板的状态。

本发明实施例中，调控板可以接收到来自接入网设备的位置信息和状态图样。之后，调控板可以根据位置信息调整自身的位置，以及可以根据状态图样调整自身的状态，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境，提高终端设备与接入网设备之间的平均传输质量，进而可以提高通信系统的吞吐量。

作为一种可能的实施方式，该根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该旋转信息调整该调控板的空间方向，和/或根据该移动信息调整该调控板的空间位置。

本发明实施例中，调控板可以接收来自接入网设备的旋转信息和/或移动信息，之后，调控板可以根据旋转信息调整自身的空间方向（角度），和/或移动信息调整自身的空间位置，以便可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度，该根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该旋转方向和旋转角度调整该调控板的空间方向。

本发明实施例中，调控板可以接收来自接入网设备的旋转信息，之后，调控板可以根据旋转方向和旋转角度调整自身的空间方向，以便可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转角度，该根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该旋转角度调整该调控板的空间方向。

本发明实施例中，调控板可以预先规定一个旋转方向，调控板在接收到来自接入网设备的旋转信息之后，可以根据旋转角度和规定的旋转方向调整自身的空间方向（角度），以便可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动方向和移动距离，该根据该位置信息调整调控板的位置包括：根据该移动方向和该移动距离调整该调控板的空间位置。

本发明实施例中，调控板可以接收来自接入网设备的移动信息，之后，调控板可以根据移动方向和移动距离调整自身的空间位置，以便可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动距离，该根据该位置信息调整调控板的位置包括：根据该移动距离调整该调控板的空间位置。

本发明实施例中，调控板可以预先规定一个移动方向，调控板在接收到来自接入网设备的移动信息之后，可以根据移动距离和规定的移动方向调整自身的空间位置，以便可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

向该接入网设备发送储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，调控板可以直接向接入网设备发送储能数值和吸收效率，也可以以固定的周期向接入网设备发送储能数值和吸收效率，以便接入网设备可以获得调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

接收来自该接入网设备的第一请求，该第一请求用于请求该储能数值和该吸收效率。

本发明实施例中，调控板可以接收来自接入网设备的第一请求，之后，调控板可以向接入网设备发送储能数值和吸收效率，以便接入网设备可以获得调控板的储能数值和吸收效率。由于调控板可以在接收到第一请求的情况下，才向接入网发送储能数值和吸收效率，因此，可以减少储能数值和吸收效率的发送次数，从而可以降低调控板的平均功耗。

第二方面公开一种通信方法，该通信方法可以应用于接入网设备，也可以应用于接入网设备中的模块（例如，芯片），下面以应用于接入网设备为例进行描述。该通信方法可以包括：

接收来自环境控制器的调控板的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

向该调控板发送该位置信息；

接收来自该环境控制器的该调控板的状态图样，该状态图样包括状态信息，该状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态；

向该调控板发送该状态图样。

本发明实施例中，接入网设备可以接收到来自环境控制器的调控板的位置信息和状态图样，之后，接入网设备可以向调控板发送该位置信息和状态图样，以便调控板可以根据位置信息调整自身的位置，以及可以根据状态图样调整自身的状态，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境，提高终端设备与接入网设备之间的平均传输质量，进而可以提高通信系统的吞吐量。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

本发明实施例中，接入网设备向调控板发送的旋转信息可以包括旋转方向和旋转角度，以便调控板接收到旋转信息之后，调控板可以根据旋转方向和旋转角度调整自身的空间方向。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转角度。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动方向和移动距离。

本发明实施例中，接入网设备向调控板发送的移动信息可以包括移动方向和移动距离，以便调控板接收到移动信息之后，调控板可以根据移动方向和移动距离调整自身的空间位置。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动距离。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

向该环境控制器发送该调控板的储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，接入网设备可以直接向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率，也可以以固定的周期向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率，以便环境控制器可以获得调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

接收来自该环境控制器的第二请求，该第二请求用于获取该调控板的储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，接入网设备可以接收来自环境控制器的第二请求，之后，接入网设备可以向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率，以便环境控制器可以获得调控板的储能数值和吸收效率。由于接入网设备可以在接收到第二请求的情况下，才向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率，因此，可以减少调控板的储能数值和吸收效率的发送次数，从而可以降低接入网设备的平均功耗。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

接收来自该调控板的储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，接入网设备可以先接收来自调控板的储能数值和吸收效率，之后，接入网设备可以向环境控制器发送该调控板的储能数值和吸收效率，以便于环境控制器可以使用该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

向该调控板发送第一请求，该第一请求用于请求该调控板的储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，接入网设备可以向调控板发送第一请求，获取调控板的储能数值和吸收效率。可见，由于调控板可以在接收到第一请求的情况下，才向接入网设备发送储能数值和吸收效率，可以减少储能数值和吸收效率的发送次数，从而可以降低调控板的平均功耗。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

根据三维空间地图、该调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息；

根据该信道质量为该终端设备分配资源；

向该终端设备发送该资源的信息。

本发明实施例中，接入网设备可以根据三维空间地图、调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量，之后，接入网设备可以根据信道质量为终端设备分配资源，再之后，接入网设备可以向终端设备发送该资源的信息，指示终端设备在对应的资源上进行数据的发送。由于信道质量较好，误码率低，信道质量较差，误码率高。因此，接入网设备可以给信道质量较好的终端设备分配较多的资源，从而可以降低通信系统的平均误码率，进而可以提高通信系统的资源的利用率。此外，接入网设备根据信道质量为终端设备分配资源还可以降低不同用户之间的干扰。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

根据该三维空间地图、该调控板的位置信息和状态图样确定该终端设备的信道质量；

根据该信道质量确定发送功率；

向该终端设备发送该发送功率。

本发明实施例中，接入网设备可以根据三维空间地图、调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量，之后，接入网设备可以根据信道质量确定终端设备的发送功率，再之后，接入网设备可以向终端设备发送该发送功率。可见，接入网设备可以根据信道质量为终端设备确定一个合适的发送功率，可以避免终端设备的发送功率过小，从而提高终端设备的信噪比，进而可以降低误码率。此外，还可以避免终端设备的发送功率过大，从而可以降低终端设备的平均功耗，提高终端设备的电池使用时长，以及可以减小对其它终端设备的干扰。

作为一种可能的实施方式，该吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，该主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，该被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

本发明实施例中，接入网设备可以向调控板发送状态图样，以便调控板可以调整自身的状态，可以使调控板在吸收储能态、主动转发态和被动转发态这三种状态中进行转换。调控板处于吸收储能态时可以利用调控板的电路从周围环境的电磁波吸收能量并转化为电能存储在本地电池中，调控板处于主动转发态时可以利用调控板本地电池的能量对入射电磁波进行放大再对放大后的电磁波进行反射或透射，调控板处于被动转发态时可以对入射电磁波不做任何处理直接进行反射或透射。可见，通过控制调控板在吸收储能态、主动转发态和被动转发态之间进行转换，可以将调控板在吸收储能态存储的能量在主动转发态时使用，从而可以对接入网设备和终端设备的入射电磁波进行放大，进而可以提高接入网设备和终端设备的信噪比。

第三方面公开一种通信方法，该通信方法可以应用于环境控制器，也可以应用于环境控制器中的模块（例如，芯片），下面以应用于环境控制器为例进行描述。该通信方法可以包括：

向接入网设备发送调控板的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

向该接入网设备发送该调控板的状态图样，该状态图样包括状态信息，该状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态。

本发明实施例中，环境控制器可以向接入网设备发送调控板的位置信息和状态图样，然后通过接入网设备向调控板发送调控板的位置信息和状态图样，以便调控板可以根据位置信息调整自身的位置，以及可以根据状态图样调整自身的状态，从而可以优化调控板的周围空

间的传播环境，提高终端设备与接入网设备之间的平均传输质量，进而可以提高通信系统的吞吐量。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

确定该调控板的位置信息。

本发明实施例中，环境控制器可以先确定调控板的位置信息，以便环境控制器可以通过接入网设备向调控板发送该位置信息。

作为一种可能的实施方式，该确定该调控板的位置信息包括：

根据三维空间地图确定该调控板的位置信息，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

本发明实施例中，环境控制器可以根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息确定调控板的最佳部署位置的位置信息，之后可以通过接入网设备将该位置信息发送给调控板，以便调控板可以根据该位置信息调整自身的位置，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境，进而可以提高通信系统的吞吐量。

作为一种可能的实施方式，该确定该调控板的位置信息包括：

根据三维空间地图，以及该调控板的储能数值和吸收效率确定该调控板的位置信息，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

本发明实施例中，环境控制器可以根据三维空间地图，以及调控板的储能数值和吸收效率确定调控板的最佳部署位置的位置信息，之后可以通过接入网设备将该位置信息发送给调控板，以便调控板可以根据位置信息调整自身的位置，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境。此外，由于环境控制器在确定位置信息时考虑了调控板的储能数值和吸收效率，因此，环境控制器可以确定一个便于调控板从周围环境吸收电磁波能量的位置，从而可以提高调控板的吸收储能效率。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

接收来自该接入网设备的该调控板的储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，环境控制器可以先接收来自接入网设备的储能数值和吸收效率，以便环境控制器可以使用该调控板的储能数值和吸收效率确定调控板的位置信息。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

向该接入网设备发送第二请求，该第二请求用于获取该调控板的储能数值和吸收效率。

本发明实施例中，环境控制器可以向接入网设备发送第二请求，之后，环境控制器可以接收到来自接入网设备的调控板的储能数值和吸收效率。可见，环境控制器通过向接入网设备发送第二请求可以快速便捷的获取到调控板的储能数值和吸收效率。此外，接入网设备可以在接收到第二请求的情况下，才向环境控制器发送储能数值和吸收效率，可以减少储能数值和吸收效率的发送次数，从而可以降低接入网设备的平均功耗。

作为一种可能的实施方式，该方法还可以包括：

确定该调控板的状态图样。

本发明实施例中，环境控制器可以先确定调控板的状态图样，以便环境控制器可以通过接入网设备向调控板发送该状态图样。

作为一种可能的实施方式，该确定该调控板的状态图样包括：

根据三维空间地图和该调控板的位置信息确定该调控板的状态图样。

本发明实施例中，环境控制器可以根据三维空间地图和调控板的位置信息确定调控板的最佳的状态图样，之后可以通过接入网设备将该状态图样发送给调控板，以便调控板可以根据状态图样调整自身的状态，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该确定该调控板的状态图样包括：

根据三维空间地图、该调控板的位置信息、该调控板的储能数值和吸收效率确定该调控板的状态图样。

本发明实施例中，环境控制器可以根据三维空间地图、调控板的位置信息，以及调控板的储能数值和吸收效率确定调控板的最佳的状态图样，之后可以通过接入网设备将该状态图样发送给调控板，以便调控板可以根据状态图样调整自身的状态，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境。此外，由于环境控制器在确定状态图样时考虑了调控板的储能数值和吸收效率，因此，可以避免调控板根据状态图样调整自身状态为主动转发态时自身储能数值为0的情况发生，从而可以成功提高终端设备的信噪比。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

本发明实施例中，环境控制器通过接入网设备向调控板发送的旋转信息可以包括旋转方向和旋转角度，以便调控板可以根据旋转方向和旋转角度调整自身的空间方向，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转角度。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动方向和移动距离。

本发明实施例中，环境控制器通过接入网设备向调控板发送的移动信息可以包括移动方向和移动距离，以便调控板可以根据移动方向和移动距离调整自身的空间位置，从而可以优化调控板的周围空间的传播环境。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动距离。

作为一种可能的实施方式，该吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，该主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，该被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

本发明实施例中，环境控制器可以向接入网设备发送状态图样，之后接入网设备可以将该状态图样发送给调控板，以便调控板可以调整自身的状态，从而可以使调控板在吸收储能态、主动转发态和被动转发态这三种状态中进行转换。调控板处于吸收储能态时可以利用调控板的电路从周围环境的电磁波吸收能量并转化为电能存储在本地电池中，调控板处于主动转发态时可以利用调控板本地电池的能量对入射电磁波进行放大再对放大后的电磁波进行反射或透射，调控板处于被动转发态时可以对入射电磁波不做任何处理直接进行反射或透射。可见，通过控制调控板在吸收储能态、主动转发态和被动转发态之间进行转换，可以将调控板在吸收储能态存储的能量在主动转发态时进行使用，从而可以对接入网设备和终端设备的入射电磁波进行放大，进而可以提高接入网设备和终端设备的信噪比。

第四方面公开一种通信装置，该通信装置可以为调控板，也可以为调控板中的模块（例如，芯片）。该通信装置可以包括：

接收单元，用于接收来自接入网设备的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

调整单元，用于根据该位置信息调整调控板的位置；

该接收单元，还用于接收来自该接入网设备的状态图样；

该调整单元，还用于根据该状态图样调整该调控板的状态。

作为一种可能的实施方式，该调整单元根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该旋转信息调整该调控板的空间方向，和/或根据该移动信息调整该调控板的空间位置。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度，该调整单元根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该旋转方向和旋转角度调整该调控板的空间方向。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转角度，该调整单元根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该旋转角度调整该调控板的空间方向。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动方向和移动距离，该调整单元根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该移动方向和移动距离调整该调控板的空间位置。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动距离，该调整单元根据该位置信息调整调控板的位置包括：

根据该移动距离调整该调控板的空间位置。

作为一种可能的实施方式，该装置还可以包括：

发送单元，用于向该接入网设备发送储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该接收单元，还用于接收来自该接入网设备的第一请求，该第一请求用于请求该储能数值和该吸收效率。

第五方面公开一种通信装置，该通信装置可以为接入网设备，也可以为接入网设备中的模块（例如，芯片）。该通信装置可以包括：

接收单元，用于接收来自环境控制器的调控板的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

发送单元，用于向该调控板发送该位置信息；

该接收单元，还用于接收来自该环境控制器的该调控板的状态图样，该状态图样包括状态信息，该状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态；

该发送单元，还用于向该调控板发送该状态图样。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动方向和移动距离。

作为一种可能的实施方式，该发送单元，还用于向该环境控制器发送该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该接收单元，还用于接收来自该环境控制器的第二请求，该第二请求用于获取该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该接收单元，还用于接收来自该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该发送单元，还用于向该调控板发送第一请求，该第一请求用于请求该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该通信装置还可以包括：

确定单元，用于根据三维空间地图、该调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的

通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息；

分配单元，用于根据该信道质量为该终端设备分配资源；

该发送单元，还用于向该终端设备发送该资源的信息。

作为一种可能的实施方式，该确定单元，还用于根据该三维空间地图、该调控板的位置信息和状态图样确定该终端设备的信道质量；

该确定单元，还用于根据该信道质量确定发送功率；

该发送单元，还用于向该终端设备发送该发送功率。

作为一种可能的实施方式，该吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，该主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，该被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

第六方面公开一种通信装置，该通信装置可以为环境控制器，也可以为环境控制器中的模块（例如，芯片）。该通信装置可以包括：

发送单元，用于向接入网设备发送调控板的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

该发送单元，还用于向该接入网设备发送该调控板的状态图样，该状态图样包括状态信息，该状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态。

作为一种可能的实施方式，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

作为一种可能的实施方式，该移动信息包括移动方向和移动距离。

作为一种可能的实施方式，该通信装置还可以包括：

确定单元，用于确定该调控板的位置信息。

作为一种可能的实施方式，该确定单元确定该调控板的位置信息包括：根据三维空间地图确定该调控板的位置信息，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

作为一种可能的实施方式，该确定单元确定该调控板的位置信息包括：根据三维空间地图，以及该调控板的储能数值和吸收效率确定该调控板的位置信息，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

作为一种可能的实施方式，该通信装置还可以包括：

接收单元，用于接收来自该接入网设备的该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该发送单元，还用于向该接入网设备发送第二请求，该第二请求用于获取该调控板的储能数值和吸收效率。

作为一种可能的实施方式，该确定单元，还用于确定该调控板的状态图样。

作为一种可能的实施方式，该确定单元确定该调控板的状态图样包括：根据三维空间地图和该调控板的位置信息确定该调控板的状态图样。

作为一种可能的实施方式，该确定单元确定该调控板的状态图样包括：根据三维空间地图、该调控板的位置信息、该调控板的储能数值和吸收效率确定该调控板的状态图样。

作为一种可能的实施方式，该吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，该主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，该被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

第七方面公开一种通信装置，该通信装置可以为调控板或者调控板内的模块（例如，芯片）。该通信装置可以包括处理器、存储器和收发器，该收发器用于接收来自该通信装置之

外的其它通信装置的信息，以及向该通信装置之外的其它通信装置输出信息，当该处理器执行该存储器存储的计算机程序时，使得该处理器执行第一方面或第一方面的任一实施方式公开的通信方法。

第八方面公开一种通信装置，该通信装置可以为接入网设备或者接入网设备内的模块（例如，芯片）。该通信装置可以包括处理器、存储器和收发器，该收发器用于接收来自该通信装置之外的其它通信装置的信息，以及向该通信装置之外的其它通信装置输出信息，当该处理器执行该存储器存储的计算机程序时，使得该处理器执行第二方面或第二方面的任一实施方式公开的通信方法。

第九方面公开一种通信装置，该通信装置可以为环境控制器或者环境控制器内的模块（例如，芯片）。该通信装置可以包括处理器、存储器和收发器，该收发器用于接收来自该通信装置之外的其它通信装置的信息，以及向该通信装置之外的其它通信装置输出信息，当该处理器执行该存储器存储的计算机程序时，使得该处理器执行第三方面或第三方面的任一实施方式公开的通信方法。

第十方面公开一种通信系统，该通信系统包括第七方面的通信装置、第八方面的通信装置以及第九方面的通信装置。

第十一方面公开一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有计算机程序或计算机指令，当该计算机程序或计算机指令运行时，实现如上述各方面公开的通信方法。

第十二方面公开一种芯片，包括处理器，用于执行存储器中存储的程序，当程序被执行时，使得芯片执行上面的方法。

作为一种可能的实施方式，存储器位于芯片之外。

第十三方面公开一种计算机程序产品，该计算机程序产品包括计算机程序代码，当该计算机程序代码被运行时，使得上述通信方法被执行。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例技术方案，下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动性的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。

图1是本发明实施例公开的一种网络架构示意图；

图2是本发明实施例公开的一种场景示意图；

图3是本发明实施例公开的一种通信方法的流程示意图；

图4是本发明实施例公开的一种终端设备与接入网设备的通信示意图；

图5是本发明实施例公开的一种调整位置请求信令帧格式的示意图；

图6是本发明实施例公开的一种储能数值、吸收效率的查询请求信令和查询响应信令帧格式的示意图；

图7是本发明实施例公开的一种调整位置确认信令帧格式的示意图；

图8是本发明实施例公开的一种调控板处于不同状态时入射波和反射/透射波的示意图；

图9是本发明实施例公开的一种状态图样请求信令帧格式的示意图；

图10是本发明实施例公开的另一种场景示意图；

图11为本发明实施例公开的一种时频资源和发射功率分配的示意图；

图12是本发明实施例公开的又一种场景示意图；

图13是本发明实施例公开的一种时域冲击响应的示意图；

图14是本发明实施例公开的一种时频资源分配的示意图；
图15是本发明实施例公开的一种终端设备、接入网设备、调控板之间信令交互的示意图；
图16是本发明实施例公开的一种状态图样确认信令帧格式的示意图；
图17是本发明实施例公开的一种调控板的调整位置和状态的流程图；
图18是本发明实施例公开的一种通信装置的结构示意图；
图19是本发明实施例公开的另一种通信装置的结构示意图；
图20是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图；
图21是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图；
图22是本发明实施例公开的一种模拟电路的示意图；
图23是本发明实施例公开的一种调控板的状态切换示意图；
图24是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图；
图25是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图；
图26是本发明实施例公开的一种通信系统的结构示意图。

具体实施方式

本发明实施例公开了一种通信方法、装置及计算机可读存储介质，用于提高通信系统的吞吐量。下面将结合本申请实施例中的附图，对本申请实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述。

显然，所描述的实施例仅仅是本申请一部分实施例，而不是全部的实施例。在本文中提及“实施例”意味着，结合实施例描述的特定特征、结构或者特性可以包含在本实施例申请的至少一个实施例中。在说明书中的各个位置出现该短语并不一定均是相同的实施例，也不是与其它实施例互斥的独立的或是备选的实施例。本领域技术人员可以显式地和隐式地理解的是，本文所描述的实施例可以与其它实施例相结合。基于本申请中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本申请保护的范围。本申请的说明书和权利要求书及所述附图中术语“第一”、“第二”、“第三”等是区别于不同的对象，而不是用于描述特定顺序。此外，术语“包括”和“具有”以及它们的任何变形，意图在于覆盖不排他的包含。例如，包含了一系列步骤或单元，或者可选地，还包括没有列出的步骤或单元，或者可选地还包括这些过程、方法、产品或设备固有的其它步骤或单元。

附图中仅示出了与本申请相关的部分而非全部内容。在更加详细地讨论示例性实施例之前，应当提到的是，一些示例性实施例被描述成作为流程图描绘的处理或方法。虽然流程图将各项操作（或步骤）描述成顺序的处理，但是其中的许多操作可以并行地、并发地或者同时实施。此外，各项操作的顺序可以被重新安排。当其操作完成时所述处理可以被终止，但是还可以具有未包括在附图中的附加步骤。所述处理可以对应于方法、函数、规程、子例程、子程序等等。

在本说明书中使用的术语“部件”、“模块”、“系统”、“单元”等用于表示计算机相关的实体、硬件、固件、硬件和软件的组合、软件或执行中的软件。例如，单元可以是但不限于在处理器上运行的进程、处理器、对象、可执行文件、执行线程、程序和/或分布在两个或多个计算机之间。此外，这些单元可从在上面存储有各种数据结构的各种计算机可读介质执行。单元可例如根据具有一个或多个数据分组（例如来自与本地系统、分布式系统和/或网络间的另一单元交互的第二单元数据。例如，通过信号与其它系统交互的互联网）的信号通过本地和/或远程进程来通信。

为了更好地理解本发明实施例，下面先对本发明实施例使用的网络架构进行描述。

请参阅图 1，图 1 是本发明实施例公开的一种网络架构示意图。如图 1 所示，该网络架构可以包括接入网设备、环境控制器和调控板。接入网设备可以包括一个或多个接入网设备（图 1 中示意出了一个），环境控制器可以包括一个或多个环境控制器（图 1 中示意出了一个），调控板可以包括一个或多个调控板（图 1 中示意出了一个）。

环境控制器、接入网设备、调控板任意两者之间可以进行通信，也即是环境控制器、接入网设备、调控板任意两者之间可以是互联互通的，通信方式可以为无线通信，也可以为有线通信。其中，接入网设备之间可以通过光纤接口进行通信，也可以通过 Xn 接口进行通信。接入网设备与环境控制器之间可以通过空口（即空中接口，如 Uu 口）进行通信，接入网设备与调控板之间也可以通过空口进行通信。环境控制器与调控板之间可以通过无线局域网（wireless local area network, WLAN）进行通信。除了上述通信方式以外，环境控制器、接入网设备、调控板任意两者之间还可以通过蓝牙（bluetooth）、超宽带（ultra wide band, UWB）、远距离无线电（long range radio, LoRa）、窄带物联网（narrow band internet of things, NB-IoT）等方式进行通信。

需要说明的是，图 1 所示的网络架构中还可以包括一个或多个终端设备，终端设备与接入网设备、环境控制器、调控板之间可以进行通信。通信方式可以为无线通信，也可以为有线通信。终端设备与接入网设备、环境控制器、调控板之间的通信采用的无线通信制式可以为第二代移动通信技术（2th generation, 2G）、第三代移动通信技术（3th generation, 3G）、第四代移动通信技术（4th generation, 4G）、第五代移动通信技术（5th generation, 5G）、WLAN/无线保真（wireless fidelity, WiFi）、bluetooth、UWB、LoRa、NB-IoT 等，也可以为上述一种或多种无线通信制式的组合。

其中，终端设备与接入网设备之间的通信可以包括上行通信（即终端设备到接入网设备的通信）和下行通信（即接入网设备到终端设备的通信）。在上行通信中，终端设备用于向接入网设备发送上行信号；接入网设备用于接收来自终端设备的上行信号。在下行通信中，接入网设备用于向终端设备发送下行信号；终端设备用于接收来自接入网设备的下行信号。上行通信对应的链路为上行链路，下行通信对应的链路为下行链路。

需要说明的是，图 1 所示的网络架构中不限于仅包括图中所示的接入网设备、调控板和环境控制器。

应理解，图 1 所示的网络架构只是示例性说明，并不对其构成限定。

终端设备，又可以称之为用户设备（user equipment, UE）、移动台（mobile station, MS）、移动终端（mobile terminal, MT）等，是一种向用户提供语音和/或数据连通性的设备。终端设备可以为手持终端、笔记本电脑、用户单元（subscriber unit）、蜂窝电话（cellular phone）、智能电话（smart phone）、无线数据卡、个人数字助理（personal digital assistant, PDA）电脑、平板型电脑、无线调制解调器（modem）、手持设备（handheld）、膝上型电脑（laptop computer）、无绳电话（cordless phone）或者无线本地环路（wireless local loop, WLL）台、机器类型通信（machine type communication, MTC）终端、可穿戴设备（如智能手表、智能手环、计步器等）、车载设备（如汽车、自行车、电动车、飞机、船舶、火车、高铁等）、虚拟现实（virtual reality, VR）设备、增强现实（augmented reality, AR）设备、工业控制（industrial control）中的无线终端、智能家居设备（如冰箱、电视、空调、电表等）、智能机器人、车间设备、无人驾驶（self driving）中的无线终端、远程手术（remote medical surgery）中的无

线终端、智能电网 (smart grid) 中的无线终端、运输安全 (transportation safety) 中的无线终端、智慧城市 (smart city) 中的无线终端, 或智慧家庭 (smart home) 中的无线终端、飞行设备 (如智能机器人、热气球、无人机、飞机等) 或其他可以接入网络的设备。

接入网设备可以包括无线接入网设备, 无线接入网设备是部署在无线接入网中为终端设备提供无线通信功能的装置。其中, 无线接入网 (radio access network, RAN) 设备可以包括各种形式的基站 (base station, BS)。例如, 宏基站、微基站 (也称为小站)、中继站、接入点等。在采用不同的无线接入技术的系统中, 无线接入网设备的名称可能会有所不同。例如, 全球移动通信系统 (global system for mobile communication, GSM) 或码分多址 (code division multiple access, CDMA) 网络中的基站收发信台 (base transceiver station, BTS), 宽带码分多址 (wideband code division multiple access, WCDMA) 中的 NB (NodeB), 长期演进 (long term evolution, LTE) 中的 eNB 或 eNodeB (evolutional NodeB)。无线接入网设备还可以是云无线接入网络 (cloud radio access network, CRAN) 场景下的无线控制器。无线接入网设备还可以是未来网络 (如 6G 等) 中的基站设备或者未来演进的公共陆地移动网 (public land mobile network, PLMN) 网络中的无线接入网设备。无线接入网设备还可以是可穿戴设备或车载设备。无线接入网设备还可以是传输接收节点 (transmission and reception point, TRP)。

调控板, 又可以称为电磁波调控板 (electromagnetic pannel, EP), 是一种可以对电磁波的方向、幅度、相位等进行调控 (改变) 的设备。调控板可以包括有收发信机、一个或多个超材料单元。其中, 收发信机可以提供通信功能, 每个超材料单元可以包括有移相电路、调幅电路、吸收储能电路, 从而可以实现对电磁波的方向、幅度、相位等进行调控。

环境控制器, 是一种具有计算能力的设备。环境控制器可以进行数值计算, 也可以进行逻辑计算, 还可以具有存储功能。环境控制器可以按照预先设定的程序运行, 从而可以自动、高速的处理海量数据。环境控制器可以为微型计算机、超级计算机、嵌入式计算机等, 也可以为其它具备计算能力的设备。

需要说明的是, 本发明实施例中环境控制器的数据处理工作可以由接入网设备执行, 因此, 环境控制器可以为接入网设备中的模块。

为了更好地理解本发明实施例, 下面先对本发明实施例的应用场景进行描述。

请参阅图 2, 图 2 是本发明实施例公开的一种场景示意图。图 2 所示的场景可以为工业 4.0 的自动化工厂的应用场景。在该场景中, 可以存在一个或多个接入网设备, 以及可以存在多个不同的终端设备, 如一个或多个工业机器人 201、一个或多个自动引导车 (automated guided vehicle, AGV) 202、一个或多个监控摄像头 203、一个或多个笔记本电脑 204、一个或多个调控板 205、一个或多个接入网设备 206、一个或多个智能手机 207。除了上述设备之外, 还可以包括环境控制器、仓储货物的物联网 (internet of thing, IoT) 设备、可穿戴设备、巡逻机器人、平板电脑等。

其中, 不同类型的终端设备, 其对网络速率、时延、可靠性、连接数量等需求可能不同, 对服务质量 (quality of service, QoS) 的要求差异较大。仓储货物的 IoT 设备, 一般情况下连接数量较大, 对网络速度的要求较低, 功耗敏感, 时延不敏感。AGV 设备, 一般情况下位置会经常移动, 有连续性覆盖的需求, 对网络速率的要求一般, 时延敏感。监控摄像头, 通常情况下位置是处于固定状态, 对网络速率的要求较高, 便于数据的上传保存, 需要一定的通信可靠性。工业机器人 (工业机器人手臂), 一般情况下位置是固定的, 对网络速率的要求一般, 时延敏感, 对通信可靠性的要求较高。笔记本电脑、平板电脑等, 一般情况下不会

经常移动，对网络速率的要求一般，对通信的可靠性要求一般。

并且，在图 2 所示的场景中，在不同的时间段内，不同类型的终端设备的通信业务具有一定的规律。

例如，机械设备的控制传感器、工业传送皮带上的传感器、货柜支架上的射频识别标签（radio frequency identification, RFID）传感器等数据采集的小数据包业务，可能每 1 秒或者每几秒发生一次；机器人的控制信令业务可能一直持续不间断的发生，以便精确的对其进行控制；监控摄像头的高清数据业务可能每 10 分钟发生一次，即可以将实时采集的视频数据先保存在本地存储器内，然后 10 分钟进行一次数据的上传，进行数据的备份。

其中，在图 2 所示场景中的各种终端设备的通信业务的规律可以通过工业控制程序进行统计或预测，之后可以得到各种终端设备的通信业务类型（例如，上述传感器的数据采集的小数据包业务、机器人的控制信令业务、摄像头的高清数据业务等）和相应的通信业务数据。通信业务数据可以包括终端设备的通信业务的发生频次，例如，每小时发生 1 次、每分钟发生 1 次、每秒钟发生 1 次、持续时间不间断发生等。此外，通信业务数据还可以包括终端设备每次业务的持续时间以及传输数据量的大小。并且，由于在图 2 所示的自动化工厂场景下，每天或者每小时各种终端设备的通信业务可能呈周期性重复的发生，因此，可以通过之前的先验数据（即已知的数据）预测接下来终端设备的通信业务的规律。

需要说明的是，图 2 所示的场景中不限于仅包括图中所示的工业机器人、自动引导车、监控摄像头、笔记本电脑、调控板等。

应理解，图 2 所示的场景只是示例性说明，并不对其构成限定。

为了更好地理解本发明实施例，下面先对本发明实施例的相关技术进行描述。

随着通信技术的不断发展，以及各种新型通信业务模式的出现，对于无线通信系统的性能要求越来越高。例如，针对于智能工厂（smart factory, SF），其需要满足智能工厂中的不同终端设备的通信需求，面临着高可靠性和海量连接数的挑战。因此，需要采取相应的措施增加无线通信系统的吞吐量，提高通信的可靠性。

其中，可重构智能表面(reconfigurable intelligent surface, RIS)是一种可以通过改变材料表面单元的介电常数的可重构天线技术。RIS 技术可以基于不同状态之间的转换调控，来实现在空间维度上对电磁波的操控，也即是通过改变材料表面单元的介电常数，来对电磁波的方向、幅度、相位等进行调控。并且，RIS 技术具有低成本、低功耗、低开销的优点。

无线传能(wireless power transfer, WPT)是一种可以通过电磁波实现无接触式的能量传输和充电的无线技术。其中，WPT 技术大致可以分为近场的感应耦合 WPT、远场的微波 WPT、激光束 WPT 等技术。

智慧无线电环境(smart radio environment, SRE)是一种通过 RIS 和 WPT 等技术手段实现人为调控的无线电磁波传播环境（信道）。SRE 技术可以改变接入网设备与终端设备之间的传播环境，使传播环境达到一个理想的状态，可以缓解传统的无线信道多径传播和多普勒扩展等引起的的影响，有效解决信号衰落、障碍物遮挡等问题，可以提高数据传输效率，从而可以提升无线通信系统的吞吐量性能。

目前，在通过 RIS 实现 SRE 的过程中，为了精确的改变信号的传播环境，通常情况下需要测量终端设备与 RIS 之间的瞬时或统计信道状态信息（channel state information, CSI）以及 RIS 与接入网设备之间的瞬时或统计 CSI。而测量终端设备与 RIS 之间以及 RIS 与接入网设备之间的 CSI 所需系统开销较大，以致降低了通信系统的吞吐量。因此，如何提高通信系

统的吞吐量非常重要。

基于上述网络架构，请参阅图 3，图 3 是本发明实施例公开的一种通信方法的流程示意图。如图 3 所示，该通信方法可以包括以下步骤。

301. 环境控制器向接入网设备发送调控板的位置信息。

相应地，接入网设备可以接收来自环境控制器的调控板的位置信息，位置信息可以只包括旋转信息，也可以只包括移动信息，还可以同时包括移动信息和旋转信息。旋转信息可以只包括旋转角度，也可以同时包括旋转方向和旋转角度，移动信息可以只包括移动距离，也可以同时包括移动方向和移动距离。

由于在如图2所示的工业4.0场景下，空间较大、环境较复杂，因此室内各个终端设备的通信质量不能得到有效的保证，无法满足终端设备的混合业务的通信需求。因此，本发明实施例可以通过操控调控板来优化调控板周围空间的传播环境，提高终端设备与接入网设备之间的平均传输质量，从而可以提高无线通信系统的平均吞吐量。“传播环境”可以理解为环境控制器、接入网设备、调控板、终端设备所处的物理空间环境，例如，一个工厂车间、一个办公室、一个会议室等。

环境控制器可以先确定调控板的位置信息，之后再向接入网设备发送调控板的位置信息。

环境控制器可以根据三维空间地图确定调控板的位置信息。三维空间地图可以包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

建筑结构信息可以包括自动化工厂的厂房的建筑结构等信息，如厂房的长度、宽度、高度信息，墙壁、地板、天花板的材质信息和厚度信息，以及厂房内的承重柱、装饰柱的建筑位置、建筑材质和厚度信息。之后，环境控制器可以根据建筑结构信息建立空间坐标系，例如，环境控制器可以将厂房的右下角作为空间坐标原点(0,0,0)，建立三维空间坐标系。因此，环境控制器可以根据该坐标系确定厂房中的设备以及承重柱等的三维坐标。

固定设备的位置信息和材质信息可以包括厂房内的机械设备、工业传送皮带、货柜支架、机器人手臂、工业摄像头等固定设备在厂房内的安装位置以及它们的结构材料信息。结构材料信息可以包括设备的几何尺寸和形状（例如，长宽高、矩形/圆形/不规则形状等），还可以包括设备的材料信息（例如，钢铁、铝合金、塑料、玻璃、纸质、皮质、碳纤维等）和设备的表面的粗糙程度（例如，镜面光滑、一般光滑、一般粗糙、非常粗糙）。

固定设备的通信业务模型信息可以包括机械设备的控制传感器、工业传送皮带上的传感器、货柜支架上的RFID传感器、机器人手臂的通信设备、工业摄像头的通信设备等设备的通信业务模型，通信业务模型具体可以包括各个设备的业务类型（例如，传感器数据采集的小包业务、机器人的控制信令业务、摄像头的高清数据业务等）和业务数据。业务数据可以包括终端设备的通信业务的发生频次，例如，每小时发生1次、每分钟发生1次、每秒钟发生1次、持续时间不间断发生等。此外，业务数据还可以包括终端设备每次业务的持续时间以及传输数据量的大小。并且，由于在图2所示的自动化工厂的场景下，每天或者每小时各种终端设备的通信业务可能呈周期性重复的发生，因此，可以通过之前的先验数据（即已知的数据）预测接下来终端设备的通信业务的规律。

接入网设备的部署信息可以包括1个或多个接入网设备的天线在厂房的部署位置、天线的规格信息、接入网设备的发射功率等信息。根据接入网设备的部署信息可以获得接入网设备的覆盖区域范围以及不同范围的覆盖强度。

上述建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息等先验信息可以提前输入到环境控制器，环境控制器可以将其存储在本地。可以理解的是，如图2所示的自动化工厂的厂房、机械设备、工业传输皮带、货运机器人等资产可以属于一家企业，也可以属于多家企业。该一家企业或多家企业可以获得上述建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息等先验信息，并且可以将这些信息提前输入环境控制器。

调控板的空間位置（即地理位置）可以是固定不变的。此时，在调控板部署完成后，调控板的空間位置被固定，无法来回移动，仅能旋转角度或方向。

调控板的空間位置也可以是变动的。此时，调控板可以部署在滑动轨道上，在调控板部署完成后，调控板可以旋转角度或方向，也可以通过滑动轨道进行移动。

在终端设备的通信业务和通信需求不同的情况下，可能需要的调控板的数量不同。在终端设备的通信业务为小数据包业务，以及终端设备对通信速率、时延等要求不高的情况下，可能需要较少的调控板进行传播环境的调控。相应地，在终端设备的通信业务为大数据包业务，以及终端设备对通信速率、时延等要求较高的情况下，可能需要较多的调控板进行传播环境的调控。

在仅需要部署的所有调控板中的部分调控板的情况下，环境控制器可以从部署的所有调控板中选择部分调控板，再确定选择的调控板的位置信息。环境控制器可以将其它未选择的调控板的状态确定为吸收储能(charging)态。吸收储能态也可以简称为C态，是指将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态。调控板处于吸收储能态时可以利用调控板的电路从周围环境的电磁波吸收能量并转化为电能存储在本地电池中。

环境控制器可以根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息、接入网设备的部署信息等信息选择调控板。

假设在调控板的空間位置是固定不变的情况下，部署了N个调控板，N个调控板对应N个空間位置；或者，在调控板的空間位置是变动的情况下，部署了Q个调控板，Q个调控板可以通过移动位于N个空間位置中的任意一个空間位置，但一个空間位置上同时只能存在一个调控板。在这两种情况下的N个空間位置可以相同，也可以不同。需要选择的调控板的数量可以为M。N、Q、M为大于或等于1的整数，且 $M \leq Q \leq N$ 。

环境控制器可以根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息、接入网设备的部署信息等信息先选择M个空間位置，再选择M个调控板。

环境控制器从N个空間位置中选择M个空間位置存在 C_N^M 种情况，环境控制器可以假设每一种情况下的M个空間位置上存在调控板，其它N-M个空間位置上不存在调控板，然后，环境控制器可以确定每一种情况下接入网设备与终端设备之间的平均通信质量或平均吞吐量等指标。之后，环境控制器可以将平均通信质量或平均吞吐量等指标最好的情况下的M个空間位置确定为目标位置。可以理解的是，环境控制器确定的平均通信质量或平均吞吐量等指标可以是一段时间的，因此，得到的目标位置可以为一段时间的目标位置。

由于调控板在同一空間位置的不同空間方向以及不同状态时，可以对周围空间的传播环境造成不同的改变，可能会导致终端设备与接入网设备之间传输路径不同以及传输损耗不同，从而终端设备和接入网设备接收到的信号的功率可能会发生改变。因此，在确定目标位置时，可以假设每一种情况下的M个空間位置上的调控板都处于被动转发态，并且调控板的空間方向都为垂直于墙壁的方向。被动转发(passive transmission)态，也可以简称为P态，是指将入射的电磁波进行反射或透射的状态。调控板处于被动转发态时可以对入射电磁波不做任何处理

直接进行反射或透射，此时，调控板既没有从周围环境吸收能量，也没有向外释放本地电池的能量。

环境控制器从N个空间位置中选出M个空间位置可以采用如下公式 (1)：

$$\max_L \bar{R}_{sum} = \frac{1}{T} \int_0^T dt \cdot \sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2(1 + \gamma_{k,i}(t)) \right] \quad (1)$$

L是空间位置集合，其可以有 C_N^M 种情况（取值），可以记为 $L = \{L_1, \dots, L_m, \dots, L_M\}$ ， $L_m = (x_m, y_m, z_m)$ ， $1 \leq m \leq M$ 。 x_m, y_m, z_m 分别表示第m个空间位置的x轴，y轴，z轴的坐标位置，也即是根据三维空间地图确定的坐标位置。 $\bar{R}_{sum}$ 可以表示时间平均的和速率(average sum-rate)，其单位可以为比特每秒(bit/s)。 T 可以表示时间窗口的长度，其单位可以为秒(s)。 K 可以表示业务激活用户数，也可以理解为存在通信业务（上行通信业务或下行通信业务）的终端个数，其可以由三维空间地图包括的通信业务模型信息得到，也可以通过模型预测得到。 $rank(\Omega_k(t))$ 可以表示第k个用户在t时刻的角度域多径的秩数(rank)，也可以理解为在t时刻，第k个终端设备与接入网设备之间信号的传输路径的个数（接入网设备与终端设备的传输路径可以是相同的）。 $\gamma_{k,i}(t)$ 可以表示第k个用户在t时刻的第i个角度域的信噪比，也可以理解为第k个终端设备在t时刻的第i条传输路径接收到的来自接入网设备的信号的信噪比或者接入网设备在t时刻的第i条传输路径接收到的来自第k个终端设备的信号的信噪比。

空间位置集合包括M个元素，这M个元素是从N个空间位置中选择的，总共有 C_N^M 个空间位置集合，环境控制器可以计算每个空间位置集合的 $\bar{R}_{sum}$ 。 $\max$ 是指选择 C_N^M 个空间位置集合中可以使得 $\bar{R}_{sum}$ 最大的空间位置集合。

根据香农公式，假设信道带宽W为1的情况下，上式中的 $\log_2(1 + \gamma_{k,i}(t))$ 可以理解为第k个终端设备在t时刻的第i条传输路径上的通信速率（信道容量）。 $\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2(1 + \gamma_{k,i}(t))$ 可以理解为第k个终端设备在t时刻的 $rank(\Omega_k(t))$ 条传输路径上的通信速率的和。 $\sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2(1 + \gamma_{k,i}(t)) \right]$ 可以理解为K个终端设备中每个终端设备在t时刻的通信速率的累加。 $\int_0^T dt$ 表示对一段时间T进行积分，通过积分可以求得K个终端设备中每个终端设备在时间周期T内每个时刻的通信速率的累加，然后再除以T可以得到该时间周期的平均值 $\bar{R}_{sum}$ 。

可以理解的是，如果只考虑一段时间(T)内接入网设备向终端设备发送的信号，也即是只考虑下行通信，此时， $\bar{R}_{sum}$ 可以表示如图2所示的自动化工厂的厂房中的所有终端设备在一段时间内的下行平均通信速率，因此，通过上述公式(1)求得的M个空间位置（目标位置）可以是使得下行平均通信速率最大的M个空间位置，也即是使得下行平均吞吐量最大。同理，如果只考虑一段时间(T)内终端设备向接入网设备发送的信号，也即是只考虑上行通信，通过公式(1)求得的目标位置可以使得一段时间内上行平均通信速率最大的M个空间位置，也即是使得上行平均吞吐量最大。如果考虑一段时间(T)内终端设备向接入网设备发送的信号以及接入网设备向终端设备发送的信号，也即是同时考虑上行通信的下行通信，通过公式(1)

求得的目标位置可以使得一段时间内上下行的总的平均通信速率最大的M个空间位置，也使得通信系统的上下行平均吞吐量最大。

其中，公式(1)中的时间窗口的长度 T 可以根据实际情况选择，例如，可以为10秒、1分钟、10分钟等。

由于环境控制器需要知道一段时间(T)内的通信业务数据(即业务类型和业务数据)，才可以确定每个时刻哪些终端设备存在通信业务，从而才可以确定上式中的 K 。因此，环境控制器可以先确定一段时间(T)内的通信业务数据。

环境控制器可以根据固定设备的通信业务模型信息确定一段时间(T)内的通信业务数据。例如，环境控制器通过通信业务模型信息，可以确定终端设备在第一时间段内(如8:10-8:15)的通信业务，以及在第二时间段内(如8:15-8:25)的通信业务。在终端设备为机器人的情况下，通信业务可以包括机器人的控制信令业务，控制信令业务在第一时间段内可以每5秒钟发生一次，每次持续1秒钟；在第二时间段内可以每10秒钟发生一次，每次持续1秒钟。

环境控制器可以直接根据固定设备的通信业务模型信息确定一段时间(T)内的通信业务数据。由于在图2所示的自动化工厂的场景下，每天或者每小时各种终端设备的通信业务可能呈周期性重复的发生，因此，环境控制器可以直接根据之前的业务类型和业务数据确定在未来一个时间段内终端设备的业务类型和业务数据。例如，终端设备每一天的业务类型和业务数据可以相同，因此，环境控制器可以将前一天终端设备在上午8:10到上午8:15的业务类型和业务数据确定为后一天上午8:10到上午8:15的业务类型和业务数据。

环境控制器也可以根据固定设备的通信业务模型信息建立模型，通过模型确定一段时间(T)内的通信业务数据。具体地，环境控制器可以根据终端设备之前的部分或者全部先验数据(即已知的业务类型和业务数据信息)建立模型预测未来一段时间内终端设备的通信业务的规律，从而确定终端设备的业务类型和业务数据。例如，环境控制器可以建立神经网络模型或者其它机器学习模型对终端设备下一个时间段的业务类型和业务数据进行预测。其中，模型的训练样本可以为终端设备之前的先验数据(即已知的终端设备的业务类型和业务数据信息)，模型的输入可以为终端设备前一个时间段内(8:10-8:15)的业务类型和业务数据的信息，模型的输出可以为终端设备后一个时间段内(8:15-8:20)的业务类型和业务数据的信息。

环境控制器在确定了每个时刻存在通信业务的终端设备之后，可以确定存在通信业务的终端设备在每个时刻的传输路径的个数(即 $rank(\Omega_k(t))$)，以及每条传输路径对应的信噪比(即 $\gamma_{k,i}(t)$)。

环境控制器可以根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、接入网设备的部署信息确定 $rank(\Omega_k(t))$ 。具体地，环境控制器可以根据接入网设备的部署信息可以确定接入网设备的空间位置，根据固定设备的位置信息可以确定终端设备的空间位置。并且，环境控制器根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、接入网设备的部署信息可以确定接入网设备向终端设备发送的信号可以经过哪些传输路径(传播路径)到达终端设备，以及可以确定终端设备向接入网设备发送的信号可以经过哪些传输路径到达接入网设备，从而可以确定传输路径的个数(即 $rank(\Omega_k(t))$)。如可以结合建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、接入网设备的部署信息等，通过对接入网设备与终端设备的信号进行仿真来确定传输路径。在周围的传播环境不变的情况下，终端设备向接入网设备发送信号的传输路径与接入网设备向终端设备发送信号的传输路径可以相同。在周围的传播环境变化(如调控板的空间位置发生变化)的情况下，终端设备向接入网设备发送信号的传输路径与接入网

设备向终端设备发送信号的传输路径可以不同。

环境控制器可以根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、接入网设备的部署信息确定 $\gamma_{k,i}(t)$ 。具体地,环境控制器可以根据建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、接入网设备的部署信息确定传输损耗,根据传输损耗确定 $\gamma_{k,i}(t)$ 。环境控制器可以确定接入网设备向终端设备发送的信号在每一条传输路径上的传输损耗(即下行损耗),也可以确定终端设备向接入网设备发送的信号在每一条传输路径上的传输损耗(即上行损耗)。传输损耗可以包括自由空间传播损耗、反射损耗、透射损耗等。其中,电磁波信号的频率不同,其自由空间传播损耗、反射损耗、透射损耗等也会不同,电磁波频率越高,波长越短,自由空间传播损耗越大,电磁波频率越低,波长越长,自由空间传播损耗越小。并且,信号在玻璃、纸质、皮质、碳纤维、石膏板墙、砖墙等不同材质上发生反射、透射会有不同程度的损耗。例如,2.4GHz信号在穿透石膏板墙后的信号可能会下降3dB,也即是信号会衰减3dB。再例如,2.4GHz信号穿透砖墙后的信号可能会下降12dB,也即是信号会衰减12dB。

下面介绍本发明实施例确定传输损耗的一种方式:

环境控制器可以确定接入网设备和终端设备的空间距离,根据该空间距离确定传输损耗。具体地,发射机(transmitter, TX)和接收机(receiver, RX)的三维空间坐标,可以分别记为 (x_1, y_1, z_1) 和 (x_2, y_2, z_2) 。然后根据TX和RX的三维空间坐标可以通过公式(2)确定TX和RX之间的空间距离 d_{3D} 。TX可以理解为发送信号的设备,其可以为接入网设备或终端设备, RX可以理解为接收发射机发送的信号的设备,其可以为接入网设备或终端设备。

$$d_{3D} = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1 - y_2)^2 + (z_1 - z_2)^2} \quad (2)$$

当 $1m \leq d_{3D} \leq 150m$ 时,环境控制器可以将TX到RX的大尺度路径传输损耗(path loss, PL)根据直视径(line-of-sight, LOS)和非直视径(non-line-of-sight, NLOS)进行分类,分别记为 PL_{LOS} 和 PL_{NLOS} ,单位为分贝(dB)。LOS可以理解为TX和RX的三维空间坐标的两个点之间进行连线时,连线的中间没有遮挡物情况下的连线路径;相反,NLOS可以理解为连线的中间存在遮挡物情况下的路径。当 $d_{3D} \geq 150m$ 时,环境控制器可以按照 $d_{3D} = 150m$ 计算TX到RX的大尺度路径传输损耗。

环境控制器对发射机到接收机的传输路径上的传输损耗的计算可以采用如下公式(3)、公式(4)以及公式(5):

$$PL_{LOS} = 32.4 + 17.3 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c) \quad (3)$$

$$PL_{NLOS} = \max(PL_{LOS}, PL'_{NLOS}) \quad (4)$$

$$PL'_{NLOS} = 32.4 + 31.9 \log_{10}(d_{3D}) + 20 \log_{10}(f_c) \quad (5)$$

其中,公式(3)可以计算直视径的传输损耗;公式(3)、公式(4)以及公式(5)联合起来可以计算非直视径的传输损耗。上述公式中的 f_c 可以为载波的频率(即接入网设备的载波频率),单位为GHz。算符 $\max(a, b)$ 是选择a和b中相对较大的值,例如, $\max(10, 5) = 10$ 。

环境控制器可以根据传输损耗确定终端设备的信噪比 $\gamma_{k,i}(t)$ 。假设接入网设备的发送功率、终端设备的发送功率以及信号传输过程中的噪声一定的情况下,环境控制器可以确定终端设备和接入网设备接收到的信号的信噪比(signal noise ratio, SNR)。例如,接入网设备的发送功率可以为40dBm,噪声功率可以为-30dBm,信号在传输过程中衰减10dB,因此,终端设备的接收功率可以为30dBm,从而终端设备接收到的信号的信噪比可以为60dB。

举例说明,请参见图4,图4是本发明实施例公开的一种终端设备与接入网设备的通信示意图。如图4所示,假设M为3,选择的M个空间位置可以为空间位置1、空间位置4以及空间位置N,通过公式(1)可以计算此时的 $\bar{R}_{sum}$ 。在此种情况下,也即是只有空间位置1、空间位置4以及空间位置N存在调控板(P态)的情况下,环境控制器根据三维空间地图可以确定

接入网设备向终端设备1发送的信号可以通过 $\Omega_{1,1}$, $\Omega_{1,2}$, $\Omega_{1,3}$ 到达终端设备1;接入网设备向终端设备2发送的信号可以通过 $\Omega_{2,1}$, $\Omega_{2,2}$ 到达终端设备2。同理,在传播环境不变的情况下,终端设备向接入网设备发送的信号也可以通过相同的路径到达接入网设备。环境控制器也可以确定接入网设备到终端设备1的 $\Omega_{1,1}$, $\Omega_{1,2}$, $\Omega_{1,3}$ 每一条路径上的损耗,以及接入网设备到终端设备2的 $\Omega_{2,1}$, $\Omega_{2,2}$ 每一条路径上的损耗。并且,在接入网设备的发送功率以及终端设备的发送功率是固定的,以及传输路径的噪声功率也是固定的情况下,环境控制器可以确定终端设备1和终端设备2每一条路径接收到的信号的信噪比。环境控制器也可以确定终端设备1和终端设备2与接入网设备之间的通信业务数据,从而可以根据公式(1)可以确定该时间段内的 $\bar{R}_{sum}$ 。环境控制器也可以选择不同的M个空间位置然后计算 $\bar{R}_{sum}$,之后将最大的 $\bar{R}_{sum}$ 对应的空间位置确定为目标位置。应理解,图4所示的终端设备与接入网设备的通信只是示例性说明,并不对其构成限定。

公式(1)是典型的组合优化问题,可以采用交替方向乘子法(alternating direction method of multipliers, ADMM)或者其他方法进行求解。ADMM是一种可以解决可分解凸优化问题的方法,它可以将原问题的目标函数等价的分解成若干个可求解的子问题,然后并行求解每一个子问题,最后协调子问题的解得到原问题的全局解。

可以理解的是,环境控制器也可以采用公式(1)的各种变形来从N个空间位置中选出M个空间位置。例如,可以将 $y_{k,i}(t)$ 替换为与其它与传输损耗相关的函数,如传输损耗的倒数相关的函数等。公式(1)只是示例性说明,还可以采用其他可以实现同等功能的公式,在此不作限定。

环境控制器选择了M个空间位置(即目标位置)之后,可以再选择M个调控板。选择的M个调控板与选择的M个空间位置一一对应。在调控板的空间位置是固定不变的情况下,环境控制器可以选择目标位置上的M个调控板,该M个调控板对应自身的空间位置。在调控板的空间位置是变动的情况下,环境控制器可以选择储能数值较高的M个调控板,也可以随意选择M个调控板。此时,该M个调控板和该M个空间位置的对应关系可以是:储能数值较高的调控板可以对应该M个空间位置中距离接入网设备较远的空间位置,储能数值较低的调控板可以对应该M个空间位置中距离接入网设备较近的空间位置。

环境控制器可以根据选择的M个调控板对应的空间位置确定移动信息。在调控板的空间位置是变动的情况下,环境控制器可以根据选择的M个调控板对应的空间位置,确定移动信息。在一种情况下,移动信息可以包括移动方向和移动距离。移动信息可以是具体的绝对空间位置(如三维空间坐标),此时,环境控制器可以直接将调控板对应的空间位置确定为移动信息。移动信息也可以是相较于调控板当前空间位置的具体的移动方向和移动距离,例如,移动方向可以为:右移,移动距离可以为:10米,此时,环境控制器可以根据调控板当前的空间位置确定移动信息。在另一种情况下,移动信息可以只包括移动距离,此时调控板可以预先规定一个默认的移动方向(如右移或左移),此时,环境控制器也可以根据调控板当前的空间位置确定移动信息。在确定移动信息之后,环境控制器可以向接入网设备发送位置信息,该位置信息可以包括移动信息。可见,环境控制器可以根据三维空间地图确定移动信息。

环境控制器在发送位置信息的同时,可以发送调控板的标识信息,如调控板的标识(identity document, ID),调控板的ID和调控板的位置信息是一一对应的。例如,可以对所有调控板从0进行编号。

环境控制器可以根据三维空间地图确定旋转信息。具体地,环境控制器根据三维空间地图选择调控板之后,环境控制器还可以确定选择的调控板的空间方向,之后,环境控制器可

可以根据空间方向确定旋转信息。

环境控制器可以根据三维空间地图确定调控板的空間方向。环境控制器在选择M个调控板之后，可以确定该M个调控板在对应的空間位置上，处于不同的空間方向时，接入网设备与终端设备之间的平均通信质量或平均吞吐量等指标，之后，可以将平均通信质量或平均吞吐量等指标最好的情况下的M个空間方向确定为目标方向。假设调控板的空間方向(姿态)可以有S个，因此，可以有 S^M 种不同的空間方向组合。空間方向可以理解为调控板的不同角度。调控板的空間方向不同，调控板对应的角度不同。

例如，环境控制器可以通过公式(1)的分别计算出该M个调控板处于不同的空間方向的情况下的 $\bar{R}_{sum}$ ，环境控制器可以得到 S^M 个 $\bar{R}_{sum}$ 结果，之后，环境控制器可以将最大的 $\bar{R}_{sum}$ 对应的调控板的M个空間方向确定为目标方向。

可以理解的是，环境控制器也可以同时确定M个空間位置，以及M个空間位置上的调控板的空間方向，只需要将公式(1)中的L中的 L_m 添加上角度 $\vec{\theta}_m$ (即第m个空間位置上的调控板的空間方向)，即 $L_m = (x_m, y_m, z_m, \vec{\theta}_m)$ ， $1 \leq m \leq M$ 。 $\vec{\theta}_m$ 表示第m个空間位置上的调控板的空間方向，也即是调控板的朝向。此种情况下，环境控制器的计算量更大，需要计算 $C_N^M \cdot S^M$ 种情况下的 $\bar{R}_{sum}$ 。但由于同时考虑了调控板的空間位置以及空間方向，计算了更多情况下的 $\bar{R}_{sum}$ ，因此可以得到更加准确的结果。

环境控制器可以根据调控板的空間方向确定旋转信息。在一种情况下，旋转信息可以包括旋转方向和旋转角度。此时，旋转信息可以是调控板要调整到该空間方向的具体的旋转方向和旋转角度，例如，旋转方向为顺时针，旋转角度为 90° ，环境控制器可以根据调控板当前的空間方向确定旋转信息。旋转信息也可以是一个绝对的角度值 $\vec{\theta}$ ，也即是调控板的空間方向(目标朝向)，该空間方向可以是以水平方向顺时针旋转为参照的空間方向，也可以是以水平方向逆时针旋转为参照的空間方向。例如， $\vec{\theta}$ 为 90° 可以表示调控板从水平方向顺时针旋转 90° 所处的空間方向。此时，环境控制器可以直接将调控板的对应的角度确定为旋转信息。在另一种情况下，旋转信息也可以只包括旋转角度，此时，调控板可以预先有一个默认的旋转方向(逆时针或顺时针)，此时，环境控制器也可以根据调控板当前的空間方向确定旋转信息。在确定旋转信息之后，环境控制器可以向接入网设备发送位置信息，该位置信息可以包括旋转信息。

需要说明的是，环境控制器本地可以保存有调控板之前的空間位置和空間方向的信息。

可以理解的是，在调控板的空間位置是固定不变的情况下，环境控制器向接入网设备发送的位置信息中可以只包括旋转信息。在调控板的空間位置是变动的情况下，环境控制器向接入网设备发送的位置信息中可以只包括移动信息或旋转信息，也可以移动信息和旋转信息都包括。在调控板的目标位置和调控板的当前空間位置相同时，调控板不需要调整自身的空間位置，位置信息可以只包括旋转信息。上述两种情况下，最后可以达到的效果可以是一样的，也即是对通信系统的性能(如吞吐量)提升可以是一样的。

上述环境控制器确定位置信息时只利用了三维空間地图，但在实际中，调控板的吸收储能效率随着与接入网设备或终端设备的距离的远近可以不同。例如，距离接入网设备越近的调控板的吸收储能效率通常会更高，而距离接入网设备距离越远的调控板的吸收储能效率通常会更低。因此，环境控制器在确定调控板的位置信息时可以考虑调控板的吸收储能效率以及储能数值。

环境控制器可以根据三维空間地图，以及调控板的储能数值和吸收效率确定调控板的位置信息。吸收储能效率也可以称为吸收效率。

考虑到不同空间位置上的调控板的吸收储能效率不同,可以对公式(1)进行改进。由于调控板的吸收储能效率可以和接入网设备与调控板之间的距离有关,因此,可以在公式(1)中添加一个偏置项,该偏置项可以为调控板的吸收储能效率的函数。例如,可以参见下式公式(6):

$$\max_L \bar{R}_{sum} = \frac{1}{T} \int_0^T dt \cdot \sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2 \left(1 + \gamma_{k,i}(t) \right) \right] + a \sum_{j=1}^M c_j \quad (6)$$

其中, $a \sum_{j=1}^M c_j$ 中的 c_j 可以表示选择的M个空间位置中的第j个空间位置上的调控板的吸收储能效率,例如可以为30%、50%, a 可以为权重系数,其可以根据实际情况选择不同的值,如可以为0.5、0.9等。

可见,如果选择的M个空间位置上的调控板的吸收储能效率越高,该偏置项 $a \sum_{j=1}^M c_j$ 的结果会越大,因此 $\bar{R}_{sum}$ 取得的结果会越大,从而通过公式(6)最后确定的M个空间位置会偏向在调控板的吸收储能效率较大的空间位置,可以便于调控板储能。

同时,在选择M个空间位置时还可以考虑调控板的储能数值,如果调控板的储能数值较高,表明该调控板的储能较多,此时,可以较少的考虑调控板的吸收储能效率。如果调控板的储能数值较低,表示该调控板的储能可能不足,需要较多的考虑调控板的吸收储能效率。因此,可以对公式(6)进行相应的改进,如对调控板的吸收储能效率 c_j 乘以一个权重 b_j ,该权重与调控板的储能数值相关,储能数值越大权重可以越小,储能数值越小权重可以越大,可以参见下式公式(7):

$$\max_L \bar{R}_{sum} = \frac{1}{T} \int_0^T dt \cdot \sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2 \left(1 + \gamma_{k,i}(t) \right) \right] + a \sum_{j=1}^M (b_j \cdot c_j) \quad (7)$$

其中, b_j 可以为1与调控板的储能数值百分比的差值(即1减储能数值),该调控板可以是选择的M个空间位置中的第j个空间位置对应的调控板,因此, b_j 大于等于0,并且小于等于1。储能数值可以为30%、50%。

可见,公式(7)可以综合考虑调控板的储能数值以及调控板在不同空间位置上的吸收储能效率,因此,最后确定的M个空间位置可以提高调控板的平均吸收储能效率。

可以理解的是,环境控制器也可以采用公式(6)、公式(7)的各种变形来从N个空间位置中选出M个空间位置。例如,上式公式(6)中的 $a \sum_{j=1}^M c_j$ 也可以用M个空间位置与接入网设备之间的距离的函数替代,例如,可以用 $-\log_{10}(\sum_{j=1}^M d_j)$ 替换,其中 d_j 可以表示选择的M个空间位置中的第j个空间位置到接入网设备的距离,单位可以为米(m),可见,如果选择的M个空间位置距离接入网设备越远,该M个空间位置与接入网设备之间距离的和会越大,因此,该偏置项 $\log_{10}(\sum_{j=1}^M d_j)$ 的结果会越大,因此 $\bar{R}_{sum}$ 取得的结果会越小,因此,通过公式(6)最后确定的M个空间位置会偏向在距离接入网设备较近的空间位置。公式(6)、公式(7)只是示例性说明,还可以采用其他可以实现同等功能的公式,在此不作限定。

环境控制器可以接收来自接入网设备的调控板的储能数值和吸收效率。在一种情况下，接入网设备可以主动向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率，相应地，环境控制器可以接收到来自接入网设备的调控板的储能数值和吸收效率。其中，储能数值可以为调控板的储能数值百分比（如为30%、60%等），也可以为调控板的具体储能数值（如为100毫安时（mAh））。吸收效率可以为调控板吸收电磁波能量转化为电能的效率（如为50%、80%等），其可以为调控板与发射电磁波的设备（如接入网设备、终端设备）之间的距离相关的函数。在另一种情况下，环境控制器可以通过向接入网设备发送第二请求获取调控板的储能数值和吸收效率。相应地，接入网设备可以接收到来自环境控制器的第二请求，之后，接入网设备可以根据第二请求向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率。

302. 接入网设备向调控板发送调控板的位置信息。

接入网设备在接收到来自环境控制器的调控板的位置信息之后，接入网设备可以向调控板发送该位置信息。

接入网设备可以通过调整位置请求信令（Request, REQ）向调控板发送位置信息。调整位置REQ可以包括接入网设备的标识（BS-ID），调控板的标识（EP-ID），调控板的旋转信息，调控板的移动信息，CRC校验符。

可以理解的是，在调控板的空间位置是固定不变的情况下，位置信息可以只包括旋转信息。因此，调整位置REQ中可以只包括旋转信息。在调控板的空间位置是变动的情况下，位置信息可以只包括移动信息或旋转信息，也可以同时包括移动信息和旋转信息。因此，调整位置REQ中可以只包括移动信息或旋转信息，也可以同时包括移动信息和旋转信息。

为了统一调整位置REQ的帧格式，调整位置REQ中可以包括移动信息和旋转信息。但在位置信息不包括移动信息或旋转信息的情况下，可以将调整位置REQ中移动信息和旋转信息的值设置为空（NULL）。环境控制器也可以通过调整位置REQ向接入网设备发送位置信息。

请参见图5，图5是本发明实施例公开的一种调整位置请求信令帧格式的示意图。如图5所示，调整位置请求信令（类型一）可以包括接入网设备ID、调控板ID、目标位置（即调控板对应的空间位置）、目标朝向（即调控板对应的角度）、CRC校验符。调整位置请求信令（类型二）可以包括接入网设备ID、调控板ID、移动方向和移动距离、旋转方向和旋转角度、CRC校验符。可以理解的是，图5所示的帧格式只是示例性说明，并不对其构成限定。

接入网设备可以接收来自调控板的储能数值和吸收效率。在一种情况下，调控板可以直接向接入网设备发送自身的储能数值和吸收效率，相应地，接入网设备可以接收到来自调控板的储能数值和接收效率。

在另一种情况下，接入网设备可以通过向调控板发送第一请求获取调控板的储能数值和吸收效率。相应地，调控板可以接收到来自接入网设备的第一请求，之后，调控板可以根据第一请求向接入网设备发送自身的储能数值和吸收效率。

其中，第一请求可以包括储能数值查询信令（check, CEK），其中，储能数值CEK可以包括接入网设备的标识（BS-ID），调控板的标识（EP-ID），查询类型，循环冗余校验（cyclic redundancy check, CRC）符。相应地，调控板可以接收来自接入网设备的储能数值查询CEK，之后调控板可以向接入网设备发送（反馈）储能数值响应信令（response, RSP），储能数值RSP中可以携带调控板本地电池的当前储能数值信息，其中储能数值RSP可以包括调控板的标识（EP-ID），接入网设备的标识（BS-ID），查询类型，查询数值，CRC校验符。

第一请求也可以包括吸收效率查询信令（CEK），其中，吸收效率CEK可以包括接入网设备的标识（BS-ID），调控板的标识（EP-ID），查询类型，CRC校验符。相应地，调控板可

以接收来自接入网设备的吸收效率CEK，之后，调控板可以向接入网设备发送（反馈）吸收效率响应信令（RSP），吸收效率RSP中可以携带调控板的吸收效率与调控板与发射电磁波的设备之间的距离的关系，也可以携带调控板在之前一段时间的平均吸收电磁波转换成本地电池电能的效率信息，吸收效率RSP可以包括调控板的标识（EP-ID），接入网设备的标识（BS-ID），查询类型，查询数值，CRC校验符。

可以理解的是，上述储能数值查询请求（信令）以及吸收效率查询请求（信令）可以分别进行发送，也即是环境控制器每次可以只查询储能数值或吸收效率。储能数值和吸收效率查询信令可以使用统一的帧格式。BS-ID可以唯一标识一个接入网设备，其可以为公共陆地移动网（public land mobile network, PLMN）码等组成的标识。查询类型可以为储能数值、吸收效率等类型，具体可以为一个具体的数值，如数值“1”可以表示查询的为储能数值，数值“2”可以表示查询的为吸收效率。循环冗余校验符可以用于检测或校验数据传输出现的错误。查询数值可以为具体的查询类型对应的数值，如当查询类型为吸收效率时，对应的查询数值为调控板的吸收效率，当查询类型为储能数值时，对应的查询数值为调控板的储能数值。

请参见图6，图6是本发明实施例公开的一种储能数值、吸收效率的查询请求信令和查询响应信令帧格式的示意图。如图6所示，查询请求信令可以包括接入网设备ID、调控板ID、查询类型、CRC校验符。查询响应信令可以包括接入网设备ID、调控板ID、查询类型、查询数值、CRC校验符。可以理解的是，图6所示的帧格式只是示例性说明，并不对其构成限定。

接入网设备在接收到来自调控板的储能数值和吸收效率之后，可以向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率。在一种情况下，接入网设备可以直接向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率。例如，接入网设备可以以一个固定的周期（如10秒、30秒）向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率。在另一种情况下，接入网设备可以在接收到来自环境控制器的第二请求之后，根据第二请求向环境控制器发送调控板的储能数值和吸收效率。

303. 调控板根据位置信息调整位置。

调控板可以在接收到来自接入网设备的位置信息之后，根据位置信息调整自身的位置。

调控板可以通过来自接入网设备的调整位置REQ接收到位置信息。调整位置REQ可以包括调控板的标识（如EP-ID）、调控板的旋转信息，调控板的移动信息等。调控板可以根据调控板的标识确定该调整位置REQ是否是发送给自身的。调控板在确定该调整位置REQ是发送给自身的情况下，调控板可以根据该调整位置REQ包括的旋转信息和/或移动信息调整自身的位置。

在旋转信息不为NULL的情况下，调控板可以根据旋转信息调整自身的空间方向。如果旋转信息包括旋转方向和旋转角度，调控板可以根据旋转方向和旋转角度调整自身的空间方向。

在一种情况下，旋转信息可以隐式的包括旋转方向和旋转角度。此时，旋转信息可以作为一个绝对的角度值 $\vec{\theta}$ ，也即是调控板的空间方向（目标朝向），角度值 $\vec{\theta}$ 可以是以水平方向为参照的角度值。旋转方向可以默认为顺时针或者逆时针，也即是旋转方向可以预先规定。如90°可以表示调控板从水平方向顺时针旋转90°的所处的角度，也可以表示调控板从水平方向逆时针旋转90°所处的角度。调控板可以根据角度值 $\vec{\theta}$ 确定自身需要顺时针或者逆时针旋转多少度。例如，调控板当前的空间方向为顺时针50°的方向，而旋转信息为90°，假设默认为顺时针，此时，调控板需要再顺时针旋转40°调整到旋转信息对应的空间方向。调控板调整空间方向也即是调整自身超材料面板的朝向（即姿态）。

在另一种情况下，旋转信息可以显式的包括旋转方向和旋转角度。此时，调控板可以直

接根据旋转方向和旋转角度调整自身的空间方向。例如,旋转方向为顺时针,旋转角度为 90° ,调控板可以直接根据旋转信息顺时针旋转 90° 调整到对应的空间方向。

如果旋转信息只包括旋转角度,调控板可以根据旋转角度调整自身的空间方向。此时,调控板可以预先有一个默认的旋转方向(逆时针或顺时针)。例如,调控板的默认旋转方向为顺时针,当旋转角度为 90° 时,调控板可以直接顺时针旋转 90° 调整到对应的空间方向。

在移动信息不为NULL的情况下,调控板可以根据移动信息调整自身的空间位置。如果移动信息包括移动方向和移动距离,调控板可以根据移动方向和移动距离调整自身的空间方向。

在一种情况下,移动信息可以隐式的包括移动方向和移动距离。此时,移动信息可以作为一个绝对的目标空间位置(如三维空间坐标)。调控板可以根据自身当前位置的三维空间坐标和目标空间位置的三维空间坐标确定移动方向和移动距离。例如,目标空间位置的三维空间坐标为(0,1,2),调控板当前位置的三维空间坐标为(0,0,2),调控板可以确定自身需要向正前方移动一米。调控板可以通过滑动导轨进行移动。

在另一种情况下,移动信息也可以显式的包括移动方向和移动距离。此时,调控板可以直接根据移动方向和移动距离调整自身的空间位置。例如,移动方向为右移,移动距离为10米,调控板可以直接向右移动10米调整到对应的空间位置。

如果移动信息只包括移动距离,调控板可以根据移动距离调整自身的空间位置。此时,调控板可以预先有一个默认的移动方向(如右移或左移)。例如,调控板的默认移动方向为左移,当移动距离为8米时,调控板可以直接向左移动8米调整到对应的空间位置。

当调控板调整完毕之后,调控板可以向接入网设备发送调整位置确认信令(acknowledge, ACK)。调整位置ACK可以包括调控板的标识(EP-ID),接入网设备的标识(BS-ID),调整成功与否标识符(Flag),CRC校验符。如果Flag为True,则表示调控板调整位置成功;如果Flag为False,则表示调控板调整位置失败。当Flag为False时,该调整位置ACK还可以包括调控板的当前位置信息(如调控板的空间位置和空间方向)。接入网设备接收到来自调控板的调整位置ACK之后,可以将调控板的调整位置ACK发送给环境控制器,以便环境控制器可以对调控板的位置进行汇总和记录。可见,环境控制器可以在本地存储所有调控板的当前空间位置和当前空间方向信息,以及历史空间位置和历史空间方向信息。调整位置可以指调整空间位置,也可以指调整空间方向,还可以指调整空间方向和空间位置。

请参见图7,图7是本发明实施例公开的一种调整位置确认信令帧格式的示意图。如图7所示,当调控板调整位置成功时,调整位置确认信令可以包括接入网设备ID、调控板ID、Flag标识、CRC校验符。当调控板调整位置失败时,调整位置确认信令可以包括接入网设备ID、调控板ID、Flag标识、当前位置(即当前的空间位置)、当前朝向(即当前的角度)、CRC校验符。可以理解的是,图7所示的帧格式只是示例性说明,并不对其构成限定。

接入网设备可以监控终端设备的服务质量(quality of service, QoS),并根据QoS动态触发下一次传播环境调控(即调控板的位置调控)。例如,接入网设备在监控到终端设备QoS较低的情况下,也即是终端设备的通信质量较差的情况下,可以向环境控制器发送位置调整请求,当环境控制器接收到来自接入网设备的位置调整请求之后,环境控制器可以重新确定调控板的位置信息,然后向接入网设备发送该位置信息。当接入网设备接收到来自环境控制器的位置信息之后,接入网设备可以向调控板发送调整位置REQ,之后,当调控板接收到接入网设备发送的调整位置REQ,调控板可以及时调整自己的位置(空间位置和空间方向),以便可以优化调控板的周围空间的传播环境,提高终端设备与接入网设备之间的平均传输质量,

进而可以提高通信系统的吞吐量。

304. 环境控制器向接入网设备发送调控板的状态图样。

相应地, 接入网设备可以接收到来自环境控制器的调控板的状态图样。

状态图样可以包括状态信息。状态信息对应的状态可以为吸收储能态、主动转发态或被动转发态。主动转发(active transmission)态, 也可以简称为A态, 是指将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态, 调控板处于主动转发态时可以利用调控板本地电池的能量对入射电磁波进行放大再对放大后的电磁波进行反射或透射。

请参见图8, 图8是本发明实施例公开的一种调控板处于不同状态时入射波和反射/透射波的示意图。如图8所示, 当调控板处于吸收储能态时, 调控板的储能会增加, 调控板会吸收入射电磁波的能力将其转化为电能存储在本地电池中, 因此此时没有相应的反射/透射波。当调控板处于被动转发态时, 调控板的储能不变, 此时, 调控板只是被动的对入射电磁波进行反射或透射, 既没有从周围环境吸收能量, 也没有向外释放本地电池的能量。当调控板处于主动转发态时, 调控板的储能会减少(电量减少), 调控板可以利用本地电池的能量对入射电磁波进行放大再对放大后的电磁波进行反射或透射, 但放大后的电磁波可以比入射电磁波的幅度小, 也可以比入射波大, 其与相应的放大倍数有关, 但主动转发态的反射/透射波比被动转发态的反射/透射波的幅度大。应理解, 图8所示的入射波和反射/透射波的示意图只是示例性说明, 并不对其构成限定。

环境控制器可以先确定调控板的状态图样, 之后可以再向接入网设备发送调控板的状态图样。

环境控制器在确定位置信息之后, 可以确定该位置信息对应的调控板的状态图样。环境控制器可以根据三维空间地图和调控板的位置信息确定调控板的状态图样。调控板的位置信息不同, 接入网设备和终端设备的传输路径和传输损耗可以不同, 因此, 环境控制器可以先确定调控板的位置信息。环境控制器在确定调控板的位置信息之后, 调控板的位置(空间位置和空间方向)可以处于固定状态。此时, 调控板处于不同的状态时, 调控板会对周围空间的传播环境造成不同的改变, 接入网设备向终端设备发送的信号可以经过不同的路径到达终端设备以及终端设备接收到的信号的功率可以不同。

例如, 请参见图4, 如图4所示, 从接入网设备发射的无线电波信号到达终端设备1(机器人手臂)的路径可以有三条, $\Omega_{1,1}$ 是接入网设备到终端设备1的直视径(LOS), $\Omega_{1,2}$ 是接入网设备经过调控板4反射之后到达终端设备1的非直视径(NLOS), $\Omega_{1,3}$ 是接入网设备经过调控板1反射之后到达终端设备1的非直视径(NLOS)。但如果调控板4处于吸收储能态(C态), $\Omega_{1,2}$ 这一条路径上的信号就不会到达终端设备1, 而是被调控板吸收转化为电能存储在本地电池中; 如果调控板4处于被动或主动转发态(P态或A态), $\Omega_{1,2}$ 这一条路径上的信号可以到达终端设备1, 但被动转发态比主动转发态损耗更大(衰减更严重), 因此到达终端设备1的信号强度不一样。主动转发态时的信号强度更大(接收功率更大)。同理的, 从接入网设备发射的无线电波信号到达终端设备2(手机)的路径可以有两条。 $\Omega_{2,1}$ 是接入网设备到终端设备2的直视径, $\Omega_{2,2}$ 是接入网设备经过调控板N反射之后到达终端设备2的非直视径。当调控板N分别处于C态、P态、A态时, $\Omega_{2,1}$ 这一条路径上到达终端设备2的信号也可以是不同的。

调控板在一个时刻可以处于上述三种状态中的任意一种状态, 假设调控板的状态图样的时间粒度为 Δt , 因此在时间周期 T 内可以存在 $(3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况。环境控制器可以确定每一种情况下接入网设备与终端设备之间的平均通信质量或平均吞吐量等指标。之后, 环境控制器可

以将平均通信质量或平均吞吐量等指标最好的情况下的M个状态图样确定为目标状态图样。

环境控制器从 $(3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况中确定目标状态图样可以采用如下公式 (8):

$$\max_S \bar{R}_{sum} = \frac{1}{T} \int_0^T dt \cdot \sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2(1 + \gamma_{k,i}(t)) \right] \quad (8)$$

上式中的S是状态图样集合, 其有 $(3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况 (取值), 可以记为 $S = \{S_1, \dots, S_M\}$, $S_m = [\dots, C_m(t_1), P_m(t_2), A_m(t_3), \dots]$, $1 \leq m \leq M$, $0 \leq t_1 < t_2 < t_3 \leq T$ 。状态图样集合包括M个元素, 这M个元素中的一个元素是一个调控板在时间T内的 $\frac{T}{\Delta t}$ 个状态, 每个状态可以为三种状态中的任意一种, 因此, 总共有 $(3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 个状态图样集合。公式 (8) 和公式 (1) 类似, 可以参考步骤301的相关描述, 在此不再详细赘述。可见, 通过公式 (8) 可以确定使得 $\bar{R}_{sum}$ 最大的M个状态图样, 也即是上述选择的M个调控板的状态图样, 该M个状态图样可以使得通信系统的平均吞吐量最大。

环境控制器确定了调控板的状态图样之后, 环境控制器可以向接入网设备发送该状态图样。状态图样的起始时间可以为 t_0 , 时间粒度可以为 Δt , 状态图样为可以表示为S, 状态图样也可以称为状态图样序列。

具体地, 状态图样可以为A态、P态、C态这三个状态组成的序列, 如{AAAAAPPC}, 也可以为序列的简化形式, 如{C5P2A1}, 还可以为一个具体的状态图样索引{Index}。

例如, 状态图样 $S = \{AAAAAPPC\}$ 可以表示从 t_0 时刻到 $t_0 + 5\Delta t$ 时刻, 调控板处于A态; 从 $t_0 + 5\Delta t$ 时刻到 $t_0 + 7\Delta t$ 时刻, 调控板处于P态; 从 $t_0 + 7\Delta t$ 时刻到 $t_0 + 8\Delta t$ 时刻, 调控板处于C态; 从 $t_0 + 8\Delta t$ 以后的时刻, 调控板可以周期重复上述状态图样序列。状态图样 $S = \{AAAAAPPC\}$ 也可以表示为 $S = \{C5P2A1\}$ 这种压缩表达, 字符C/P/A表示调控板的状态, 字符后面的数字表示该状态持续的时间粒度数量。状态图样 $S = \{Index\}$, 其中, Index索引表示收发两端 (即环境控制器和接入网设备) 通过标准协议事先约定好的公知的状态图样。如索引“1”可以表示 $S = \{AAAAAPPC\}$ 。

环境控制器在发送状态图样的同时, 也可以发送调控板的标识信息, 如调控板的ID。调控板的ID和调控板的状态图样是一一对应的。

由于上述环境控制器确定状态图样时, 没有考虑调控板的储能数值和吸收效率。因此, 可能会存在确定的状态图样不可用的情况。

例如, 环境控制器确定的状态图样为 $S = \{AAAAAPPC\}$, 此时, 调控板会在较长的时间段内处于A态, 会导致消耗自身较多的电量, 但调控板可能自身的电量不足。因此, 在某个时刻调控板处于A态时可能没有足够的电量可以使用, 可能导致调控板不能有效的对入射电磁波进行主动转发。可见, 调控板的电池的储能数值约束了状态图样中A态的有效持续时间。相应地, 如果 $S = \{CCCCCPAC\}$ 此时, 调控板会在较长的时间段内处于吸收储能态 (C态), 调控板会在较多的时间吸收周围电磁波的能量, 并可以将吸收的能量转换为电能存储在本地电池中。但如果调控板初始时自身的电量较多, 调控板可能在很短的时间内本地电池的储能数值已经达到了上限。此时, 调控板继续吸收电磁波的能量转换为电能之后不能存储在本地电池中, 从而会造成电能的浪费。

为了避免上述情况的发生, 环境控制器在确定状态图样的时候可以考虑调控板的储能数

值和吸收效率，也即是环境控制器可以根据三维空间地图、调控板的位置信息、调控板的储能数值和吸收效率确定调控板的状态图样。

具体地，可以改进公式（8），在公式（8）中添加调控板的储能数值和吸收效率相关的函数。例如，可以添加限定函数，通过限定函数可以从 $(3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况中排除部分情况，也即是排除不可用的状态图样的情况。假设调控板的状态图样为 $S=\{AAAAAPPC\}$ ，时间粒度 Δt 为5秒，状态图样包括调控板8个 Δt 的状态，并且，调控板在一个位置上的吸收效率为50%，以及调控板的储能数值为20%，调控板的总电池容量可以为100毫安时（mAh）。调控板在处于5秒的A态时可能需要消耗1 mAh，处于5秒的C态时可以储能1 mAh。因此，每40秒调控板可以净消耗4 mAh，在状态图样重复四个周期后，调控板的储能数值可以为0。因此，在第五个周期开始时，调控板处于A态没有电量可以使用，从而不能有效的对入射电磁波进行主动转发。

环境控制器可以通过计算确定部分不可用的状态图样，从而可以保证调控板使用状态图样时可以有效的对入射电磁波进行主动转发。

可以理解的是，环境控制器也可以同时确定调控板的位置以及调控板的状态图样。环境控制器可以同时考虑调控板的M个位置的集合L以及M个位置上的调控板的状态S，也即是可以将公式（1）和公式（8）合并，可以参见公式（9）。

$$\max_{L,S} \bar{R}_{sum} = \frac{1}{T} \int_0^T dt \cdot \sum_{k=1}^K \left[\sum_{i=1}^{rank(\Omega_k(t))} \log_2(1 + \gamma_{k,i}(t)) \right] \quad (9)$$

上式L和S组合在一起，当L只包括空间位置不包括空间方向时，共有 $C_N^M \cdot (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 中情况，当L既包括空间位置又包括空间方向时，共有 $C_N^M \cdot S^M \cdot (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 中情况，可以理解的是，通过公式（9）可以确定使得 $\bar{R}_{sum}$ 最大的M个位置，以及每个位置上的调控板的状态图样。

环境控制器在分别单独确定调控板的空间位置和单独确定调控板的状态图样时，需要考虑 $C_N^M + (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况，也即是需要计算 $C_N^M + (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 个 $\bar{R}_{sum}$ 。在同时确定调控板的空间位置和状态图样时，需要考虑 $C_N^M \cdot (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况。在分别单独确定调控板的位置（空间位置和空间方向）和单独确定调控板的状态图样时，需要考虑 $C_N^M \cdot S^M + (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况。在同时确定调控板的位置和状态图样时，需要考虑 $C_N^M \cdot S^M \cdot (3^{\frac{T}{\Delta t}})^M$ 种情况。可见，环境控制器在每种情况下的计算量可以是不同的，在同时确定调控板的位置和状态图样时，环境控制器的计算量可能较大，但此时可以考虑到更多情况下的 $\bar{R}_{sum}$ ，因此可以得到更加准确的结果（位置和状态图样）。

可以理解的是，环境控制器可以同时向接入网设备发送调控板的位置信息和状态图样。

305. 接入网设备向调控板发送调控板的状态图样。

接入网设备在接收到来自环境控制器的调控板的状态图样之后，接入网设备可以向调控

板发送该状态图样。

接入网可以通过状态图样请求信令 (Request, REQ) 向调控板发送位置信息。状态图样 REQ 可以包括接入网设备的标识 (BS-ID), 调控板的标识 (EP-ID), 起始时间 t_0 , 时间粒度 Δt , 状态图样序列, CRC 校验符。请参见图9, 图9是本发明实施例公开的一种状态图样请求信令帧格式的示意图。可以理解的是, 图9所示的帧格式只是示例性说明, 并不对其构成限定。

由于接入网设备向调控板发送位置信息和状态图样之后, 调控板可以根据位置信息和状态图样对自身的位置和状态图样的进行相应的调整 (配置)。因此, 在一定空间范围和一定时间段内可以构建一个传输损耗 (如大尺度路径传输损耗的平均值) 可以预期的无线传播环境, 从而接入网设备可以确定终端设备的信道质量。

接入网设备可以根据三维空间地图、调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量。然后, 接入网设备可以根据信道质量为终端设备分配资源, 之后可以向终端设备发送该资源的信息。信道质量可以为信噪比, 也可以为传输损耗、参考信号接收功率 (reference signal receiving power, RSRP) 等。接入网设备为终端设备分配的资源可以包括上行资源和/或下行资源。

接入网设备可以确定一段时间内终端设备的平均通信质量。如可以确定公式 (1) 中的 $\gamma_{k,i}(t)$, 之后, 接入网设备可以将 $\text{rank}(\Omega_k(t))$ 条传输路径的平均信噪比作为终端设备的平均通信质量。确定 $\gamma_{k,i}(t)$ 方式可以参考上述相关描述, 在此不再赘述。

接入网设备可以根据信道质量为终端设备分配资源。由于在信道质量较好的情况下, 也即是信噪比较大的情况下, 噪声对有用信号的干扰较小, 因此, 通信误码率较低, 通信的接收方可以有效的接收到通信发送方发送的数据。而在信道质量较差的情况下, 通信误码率较高, 通信的接收方不能有效的接收到发送方发送的数据。因此, 接入网设备可以给信号质量较好 (如信噪比大于一个特定阈值的终端设备) 的终端设备分配较多的资源, 以及可以给信号质量较差 (如信噪比小于一个特定阈值的终端设备) 的终端设备分配较少的资源, 从而可以避免资源的浪费, 进而可以提高资源的利用率。

接入网设备可以通过时频资源分配命令信令 (command, CMD), 向终端设备发送资源的信息。该信令可以包括接入网设备的标识 (BS-ID), 终端设备的标识 (UE-ID), 时频资源块标识 (resource block ID, RB-ID), CRC 校验符。终端设备的标识可以为接入网设备为终端设备分配的在该接入网设备下的唯一标识, 时频资源块标识可以唯一标识分配给终端设备的时频资源。时频资源块标识可以为具体的时域资源和频域资源 (如子载波), 也可以为时域资源和频域资源对应的索引。当终端设备接收到来自接入网设备的时频资源分配 CMD 之后, 终端设备可以向接入网设备发送时频资源分配确认信令 (acknowledge, ACK), 该信令可以包括终端设备的标识 (UE-ID), 接入网设备的标识 (BS-ID), 时频资源配置成功与否标识符 (Flag), CRC 校验符。如果 Flag 为 True, 则表示终端设备配置时频资源成功, 如果 Flag 为 False, 则表示终端设备配置时频资源失败。其中, 上行链路资源分配或下行链路资源分配帧格式可以为现有的标准定义的时频资源分配帧格式。

接入网设备还可以根据信道质量确定发送功率。发送功率可以包括自身的发送功率以及终端设备的发送功率。

由于在信道质量较好的情况下, 也即是信噪比较大的情况下, 噪声对有用信号的干扰较小, 因此, 接入网设备可以以较小的发送功率向终端设备发送信号, 以及可以为终端设备指示一个较小的发送功率, 从而可以降低接入网设备和终端设备的平均功耗。在信道质量较差

的情况下，通信误码率可能较高，因此，接入网设备可以以较大的发送功率向终端设备发送信号，以及可以为终端设备指示一个较大的发送功率，从而可以降低误码率，进而可以提高通信系统的平均吞吐量。

例如，接入网设备可以根据传输损耗确定接入网设备和终端设备的发送功率。以确定接入网设备的发送功率为例，假设终端设备的接收灵敏度（最小接收功率）为-100dBm，接入网设备向终端设备发送的信号在传输过程中可能衰减45dB，并且，可以考虑一定的衰落余量（如10dB），以便可以容忍更大的传输损耗，因此，接入网设备向终端设备发送信号的最小发送功率可以为-45dBm。相应地，接入网设备也可以根据自身的接收灵敏度确定终端设备的发射功率。

接入网设备可以通过发射功率分配命令信令（command，CMD）向终端设备发送终端设备的发射功率的信息，该信令可以包括接入网设备的标识（BS-ID），终端设备的标识（UE-ID），功率水平标识（power level ID，PL-ID），CRC校验符。PL-ID可以为一个具体的功率数值（如-20dBm），也可以为一个功率索引（如“01”），功率索引可以对应一个具体的功率数值，如“01”对应的功率数值可以为-25dBm。当终端设备接收到来自接入网设备的发射功率分配CMD之后，终端设备可以向接入网设备发送发射功率分配确认信令（acknowledge，ACK），该信令可以包括终端设备的标识（UE-ID），接入网设备的标识（BS-ID），功率配置成功与否标识符（Flag），CRC校验符。如果Flag为True，则表示终端设备配置功率成功，如果Flag为False，则表示终端设备配置功率失败。其中，下行链路功率分配帧格式可以为现有的标准定义的时频资源分配帧格式。

可以理解的是，由于本发明实施例配置了调控板的状态图样，因此，接入网设备在确定自身的发送功率以及终端设备的发射功率的时候，还可以考虑调控板的储能数值和吸收储能效率，以便可以提高调控板的吸收储能效率。例如，当调控板的状态处于吸收储能态的时候，接入网设备可以以较大的发射功率向终端设备发送信号，从而调控板可以从周围环境中吸收到更多的电磁波能量，以及可以将更多的能量转换为电能存储在本地，从而可以提高调控板的吸收储能效率。

举例说明，请参见图10，图10是本发明实施例公开的另一种场景示意图。如图10所示，假设接入网设备的覆盖区域按照与接入网设备之间的距离分为近区、中区、远区，以及在接入网设备的近区有终端设备1和调控板1，中区有终端设备2和调控板2，远区有终端设备3和调控板3。其中，调控板1的状态图样配置为{CCCAACCCAA}，调控板2的状态图样配置为{CCCSACCCSA}，调控板3的状态图样配置为{CCCCCCCCSSA}。

调控板对入射电磁波的反射或透射可以是漫反射和漫透射，漫反射可以使调控板上的入射电磁波在各个方向上都有近似相等能量的反射信号，漫透射可以使调控板上的入射电磁波在各个方向都有近似相等能量的透射信号。

可见，在不同的时间，在调控板1、调控板2以及调控板3的综合作用下，可以对接入网设备以及终端设备之间的通信产生不同的影响。假设调控板的状态图样的一个状态持续时间为一个时隙。

在时隙1~3内，调控板1、调控板2以及调控板3都处于C态，此时，调控板可以吸收入射电磁波，因此，对于接入网设备的覆盖区域，在时隙1~3内，平均而言，整体处于能量削弱状态，即此时终端设备接收到来自接入网设备的信号的功率相较于调控板处于被动反射态时接收到的功率会相应的减小。但是，由于终端设备1与接入网设备的距离比较近，原有的无线接收功率相对较强，因此，其接收接入网设备发送的信号的信噪比较高，从而时隙1~3可以分配

给终端设备1与接入网设备进行通信。

在时隙4~8内, 调控板1在前两个时隙处于A态, 在后三个时隙处于C态; 调控板2在时隙4处于S态、时隙5处于A态, 时隙6~8处于C态; 调控板3在时隙4~7处于C态, 时隙8处于S态, 因此, 对于接入网设备的覆盖区域, 在时隙4~8内, 平均而言, 整体处于能量不变的状态, 即此时终端设备接收到来自接入网设备的信号的功率相较于调控板处于被动反射态时接收到的功率基本上相同。由于终端设备2与接入网设备的距离适中, 原有的无线接收功率比终端设备1较弱、比终端设备3较强, 因此, 其接收接入网设备发送的信号的信噪比相较于终端设备1较低, 相较于终端设备3较高, 从而时隙4~8可以分配给终端设备2与接入网设备进行通信。

在时隙9~10内, 调控板1处于A态, 调控板2在时隙9处于S态, 在时隙10处于A态, 调控板3在时隙9处于S态, 在时隙10处于A态, 因此, 对于接入网设备的覆盖区域, 在时隙9~10内, 平均而言, 整体处于能量增强的状态, 即此时终端设备接收到来自接入网设备的信号的功率相较于调控板处于被动反射态时接收到的功率会相应的增大。由于终端设备3与接入网设备的距离比较远, 原有的无线接收功率相对较弱, 因此, 其接收接入网设备发送的信号的信噪比较低, 从而时隙9~10适合分配给终端设备3与接入网设备进行通信。

上述时频资源分配方式, 可以理解为将近区的终端设备的无线电波能量通过调控板吸收转换为本地电池的电能, 之后, 通过调控板消耗本地电池的能力辅助远区的终端设备进行通信, 以便增强接入网设备边缘区域的终端设备的通信能力(信噪比), 进而可以提升整个无线通信系统的平均吞吐量。应理解, 图10所示的场景只是示例性说明, 并不对其构成限定。

针对图10所示的传播环境下, 终端设备1、终端设备2、终端设备3的一组时频资源和发射功率分配的方案效果如图11所示。图11为本发明实施例公开的一种时频资源和发射功率分配的示意图。如图11所示, 时域资源分配的最小单位可以为两个时隙, 一个时隙可以包括14个符号, 频域资源分配的最小单位可以为资源块(resource block, RB), RB可以指在频率上连续的12个子载波。可见, 接入网设备可以给终端设备1分配时隙1~2的3个RB, 可以给终端设备2分配时隙5~6的3个RB, 以及可以给终端设备2分配时隙7~8的一个RB, 可以给终端设备3分配时隙7~8的1个RB, 以及可以给终端设备3分配时隙9~10的3个RB。并且, 接入网设备还可以为终端设备分配时频资源对应的发送功率, 如终端设备1的发送功率可以为P1, 终端设备2的发射功率可以为P2, 终端设备3的发送功率可以为P3。终端设备在不同的时频资源下, 可以采用不同的发送功率。P1、P2、P3可以是接入网设备确定的, 可以参考上述相关描述。

应理解, 图11所示的时频资源和发射功率分配只是示例性说明, 并不对其构成限定。

请参见图12, 图12是本发明实施例公开的又一种场景示意图。如图12所示的场景中, 可以包括接入网设备、终端设备1、终端设备2和调控板。接入网设备发送给终端设备1的信号在经过调控板的反射之后可以到达终端设备1, 也可以到达终端设备2。假设, 接入网设备到调控板的传播路径记为P1, 调控板到终端设备1的传播路径记为P2, 调控板到终端设备2的传播路径记为P3, 接入网设备到终端设备1的传播路径(LOS)记为P4, 接入网设备到终端设备2的传播路径(LOS)记为P5。光速可以用c表示, 单位可以为米每秒(m/s); 传播路径Pn的长度距离可以用符号|Pn|表示, 单位可以为米; 路径Pn上的传播时延可以用符号 $\tau_n = |Pn|/c$ 表示, 单位可以为秒。

假设调控板处于被动反射态或者主动反射态, 在 t_0 时刻, 接入网设备向终端设备1发送信号 X_A , 其中, 信号 X_A 到达终端设备1可以通过路径P4和路径P1+P2。在 $t_0 + \tau_4$ 时刻和 $t_0 + \tau_1 + \tau_2$ 时刻, 终端设备1可以分别收到两个信息相同的 X_A 。由于无线通信的广播效应, X_A 信号经过路径P5和P1+P3也可以被终端设备2接收(侦听)到, 也即是在 $t_0 + \tau_5$ 时刻和 $t_0 + \tau_1 + \tau_3$ 时刻,

终端设备2可以分别收到两个信息相同的 X_A 。在 $t_1 = t_0 + \Delta T$ 时刻， ΔT 表示信号 X_A 的持续发送时间，接入网设备可以向终端设备2发送信号 X_B 。同理，在 $t_1 + \tau_5$ 时刻和 $t_1 + \tau_1 + \tau_3$ 时刻，终端设备2可以接收到信号 X_B ；在 $t_1 + \tau_4$ 时刻和 $t_1 + \tau_1 + \tau_2$ 时刻，终端设备1也可以接收到信号 X_B 。

可见，如果在 $t_1 + \tau_5$ 与 $t_0 + \tau_1 + \tau_3$ 之间的时间间隔不大于 ΔT 的情况下，接入网设备向终端设备1发送的信号会对接入网设备向终端设备2发送的信号产生干扰，也即是终端设备2可以同时接收到信号 X_A 和信号 X_B 。因此，两个信号会叠加在一起产生干扰，并且当两个信号的频率相同时，终端设备不能有效的对其进行区分。但是，当调控板处于吸收储能态时，调控板可以将接入网设备通过路径P1的信号吸收掉，转换成调控板本地电池的电能，因此可以减轻终端设备1对终端设备2的干扰。

请参见图13，图13是本发明实施例公开的一种时域冲击响应的示意图。如图13所示，在不可控的传播环境下，终端设备1和终端设备2的时域冲击响应产生多用户信号混叠，而在可控的传播环境下，通过将调控板在合适的时间区间在C态、P态、A态之间进行状态切换，可以将原本的反射径能量吸收掉转变成调控板本地电池的电能，从而可以减轻甚至消除时域多用户信号混叠。

可见，接入网设备为终端设备分配时频资源时，可以考虑调控板的状态图样，在调控板处于吸收储能态时，为不同的终端设备分配同频不同时的资源（即相同的频域资源，不同的时域资源），利用调控板降低同频不同时的终端设备之间串扰。请参见图14，图14是本发明实施例公开的一种时频资源分配的示意图。如图14所示，时域资源分配的最小单位可以为一个时隙，一个时隙可以包括14个符号，频域资源分配的最小单位可以为RB。接入网设备可以给终端设备1分配时隙1~2的3个RB，可以给终端设备2分配时隙3~4的3个RB。当终端设备采用该资源向接入网设备发送信号或者终端设备采用该资源接收来自接入网设备的信号时，当信号到达调控板时，该信号可以被调控板吸收，从而可以减轻或者消除终端设备之间的信号混叠，提高终端设备的信干噪比（signal to interference plus noise ratio, SINR）。应理解，图11所示的场景以及图14所示的时频资源分配只是示例性说明，并不对其构成限定。

可以理解的是，接入网设备可以同时向调控板发送调控板的位置信息和状态图样。接入网设备也可以同时向终端设备发送资源的信息和发送功率。

请参见图15，图15是本发明实施例公开的一种终端设备、接入网设备、调控板之间信令交互的示意图。如图15所示，接入网设备可以请求调控板调整位置。首先，接入网设备可以向调控板发送调整位置REQ；然后，调控板可以根据调整位置REQ调整自身的位置；当调控板的位置调整完毕之后，调控板可以向基站反馈调整位置ACK。

接入网设备可以请求调控板配置状态图样。首先，接入网设备可以向调控板发送状态图样REQ；然后，调控板可以根据状态图样REQ调整自身的状态，也即是使得自身的超材料面板整体在C态、P态、A态之间有规律地切换；当调控板的状态图样配置完成之后，调控板可以向接入网设备反馈状态图样ACK。

接入网设备可以为终端设备分配时频资源和发射功率。首先，接入网设备可以向终端设备发送时频资源分配CMD，终端设备可以向接入网设备反馈时频资源分配ACK；然后，接入网设备可以向调控板发送储能数值CEK，调控板可以向接入网设备反馈储能数值RSP，其中可以携带自身本地电池的当前储能数值信息；接着，接入网设备可以向终端设备发送发射功率分配CMD，终端设备可以向接入网设备反馈发射功率分配ACK；最后，接入网设备可以向调控板发送吸收效率CEK（其可以由周期的定时器触发或非周期的事件触发），调控板

可以向接入网设备反馈吸收效率 RSP。

应理解，图 15 所示的流程图只是示例性说明，并不对其构成限定。上述时频资源分配(CMD/ACK)、储能数值(CEK/RSP)、发射功率分配(CMD/ACK)和吸收效率(CEK/RSP)四个信令对，它们的先后顺序不是固定的，可以根据系统的实际情况灵活的调整它们的先后顺序。

306. 调控板根据状态图样调整调控板的状态。

调控板可以在接收到来自接入网设备的状态图样之后，根据状态图样调整调控板的状态。

调控板可以通过来自接入网设备的状态图样REQ接收到状态图样。状态图样REQ可以包括调控板的标识（如EP-ID）、起始时间 t_0 ，时间粒度 Δt ，状态图样序列等。调控板可以根据调控板的标识确定该状态图样REQ是否是发送给自身的。

调控板在确定该状态图样REQ是发送给自身的情况下，调控板可以确定起始时间 t_0 ，时间粒度 Δt ，状态图样序列。

调控板可以配置状态图样序列，之后可以根据该状态图样序列调整自身的状态。例如，状态图样序列为{AAAAAPPC}。调控板在 t_0 时刻到 $t_0+5\Delta t$ 时刻可以调整自身的状态为A态；在 $t_0+5\Delta t$ 时刻到 $t_0+7\Delta t$ 时刻，调控板可以调整自身的状态为P态；在 $t_0+7\Delta t$ 时刻到 $t_0+8\Delta t$ 时刻，调控板可以调整自身的状态为C态。从 $t_0+8\Delta t$ 以后的时刻，调控板可以周期重复上述状态图样，直到收到新的状态图样。

当调控板配置完状态图样之后，调控板可以向接入网设备发送（反馈）状态图样响应信令(ACK)，该信令可以包括调控板的标识(EP-ID)，接入网设备的标识(BS-ID)，状态图样配置成功与否标识符（Flag），CRC校验符。如果Flag为True，则表示调控板状态图样配置成功，如果Flag为False，则表示调控板状态图样配置失败。请参见图16，图16是本发明实施例公开的一种状态图样确认信令帧格式的示意图。应理解，图16所示的帧格式只是示例性说明，并不对其构成限定。相应地，接入网设备可以接收到来自调控板的状态图样ACK，之后，可以将调控板的状态图样ACK发送给环境控制器，以便环境控制器可以对调控板的状态图样进行汇总和记录。可见，环境控制器可以在本地存储所有调控板的当前状态图样的信息，以及历史状态图样的信息。

请参见图17，图17是本发明实施例公开的一种调控板的调整位置和状态的流程图。如图17所示，调控板可以根据配置信令（即上述调整位置REQ）调整位置，以及可以根据控制信令（即上述状态图样REQ）在被动转发态、主动转发态、吸收储能态之间进行状态的切换。之后，调控板可以构成特定的传播环境，辅助终端设备进行通信，提高通信系统的平均吞吐量。之后，环境控制器可以在接收到新的配置信令的情况下，重新调整自身的位置和状态图样。应理解，图16所示的流程图只是示例性说明，并不对其构成限定。

本发明实施例通过环境控制器计算确定调控板的位置信息和状态图样，然后通过接入网设备发送给调控板，以便调控板调整自身的位置和状态。由于环境控制器确定位置信息和状态图样时，考虑的是最大化通信系统的平均通信速率、平均吞吐量等指标，因此，通过调控板优化之后的传播环境，可以使得通信系统的平均吞吐量最大。

基于上述网络架构，请参阅图 18，图 18 是本发明实施例公开的一种通信装置的结构示意图。其中，该通信装置可以为调控板，也可以为调控板中的模块。如图 18 所示，该通信装置可以包括：

接收单元1801，用于接收来自接入网设备的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

调整单元1802, 用于根据该位置信息调整调控板的位置;

该接收单元1801, 还用于接收来自该接入网设备的状态图样;

该调整单元1802, 还用于根据该状态图样调整该调控板的状态。

在一个实施例中, 该调整单元1802根据该位置信息调整调控板的位置包括:

根据该旋转信息调整该调控板的空间方向, 和/或该移动信息调整该调控板的空间位置。

在一个实施例中, 该旋转信息包括旋转方向和旋转角度, 该调整单元1802根据该位置信息调整调控板的位置包括:

根据该旋转方向和旋转角度调整该调控板的空间方向。

在一个实施例中, 该旋转信息包括旋转角度, 该调整单元1802根据该位置信息调整调控板的位置包括:

根据该旋转角度调整该调控板的空间方向。

在一个实施例中, 该移动信息包括移动方向和移动距离, 该调整单元1802根据该位置信息调整调控板的位置包括:

根据该移动方向和该移动距离调整该调控板的空间位置。

在一个实施例中, 该移动信息包括移动距离, 该调整单元1802根据该位置信息调整调控板的位置包括:

根据该移动距离调整该调控板的空间位置。

在一个实施例中, 该通信装置还可以包括:

发送单元1803, 用于向该接入网设备发送储能数值和吸收效率。

在一个实施例中, 该接收单元 1801, 还用于接收来自该接入网设备的第一请求, 该第一请求用于请求该储能数值和该吸收效率。

有关上述接收单元1801、调整单元1802以及发送单元1803更详细的描述可以直接参考上述图3所示的方法实施例中调控板的相关描述直接得到, 在此不再赘述。

基于上述网络架构, 请参阅图 19, 图 19 是本发明实施例公开的另一种通信装置的结构示意图。其中, 该通信装置可以为接入网设备, 也可以为接入网设备中的模块。如图 19 所示, 该通信装置可以包括:

接收单元1901, 用于接收来自环境控制器的调控板的位置信息, 该位置信息包括旋转信息和/或移动信息;

发送单元1902, 用于向该调控板发送该位置信息;

该接收单元1901, 还用于接收来自该环境控制器的该调控板的状态图样, 该状态图样包括状态信息, 该状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态;

该发送单元1902, 还用于向该调控板发送该状态图样。

在一个实施例中, 该旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

在一个实施例中, 该旋转信息包括旋转角度。

在一个实施例中, 该移动信息包括移动方向和移动距离。

在一个实施例中, 该移动信息包括移动距离。

在一个实施例中, 该发送单元1902, 还用于向该环境控制器发送该调控板的储能数值和吸收效率。

在一个实施例中, 该接收单元 1901, 还用于接收来自该环境控制器的第二请求, 该第二请求用于获取该调控板的储能数值和吸收效率。

在一个实施例中，该接收单元1901，还用于接收来自该调控板的储能数值和吸收效率。

在一个实施例中，该发送单元1902，还用于向该调控板发送第一请求，该第一请求用于请求该调控板的储能数值和吸收效率。

在一个实施例中，该通信装置还可以包括：

确定单元1903，用于根据三维空间地图、该调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息；

分配单元1904，用于根据该信道质量为该终端设备分配资源；

该发送单元1902，还用于向该终端设备发送该资源的信息。

在一个实施例中，该确定单元1903，还用于根据该三维空间地图、该调控板的位置信息和状态图样确定该终端设备的信道质量；

该确定单元1903，还用于根据该信道质量确定发送功率；

该发送单元1902，还用于向该终端设备发送该发送功率。

在一个实施例中，该吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，该主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，该被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

有关上述接收单元1901、发送单元1902、确定单元1903以及分配单元1904更详细的描述可以直接参考上述图3所示的方法实施例中接入网设备的相关描述直接得到，这里不加赘述。

基于上述网络架构，请参阅图 20，图 20 是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图。其中，该通信装置可以为环境控制器，也可以为环境控制器中的模块。如图 20 所示，该通信装置可以包括：

发送单元2001，用于向接入网设备发送调控板的位置信息，该位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

该发送单元2001，还用于向该接入网设备发送该调控板的状态图样，该状态图样包括状态信息，该状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态。

在一个实施例中，该旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

在一个实施例中，该旋转信息包括旋转角度。

在一个实施例中，该移动信息包括移动方向和移动距离。

在一个实施例中，该移动信息包括移动距离。

在一个实施例中，该通信装置还可以包括：

确定单元2002，用于确定该调控板的位置信息。

在一个实施例中，该确定单元2002确定该调控板的位置信息包括：根据三维空间地图确定该调控板的位置信息，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

在一个实施例中，该确定单元2002确定该调控板的位置信息包括：根据三维空间地图，以及该调控板的储能数值和吸收效率确定该调控板的位置信息，该三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

在一个实施例中，该通信装置还可以包括：

接收单元2003，用于接收来自该接入网设备的该调控板的储能数值和吸收效率。

在一个实施例中，该发送单元2001，还用于向该接入网设备发送第二请求，该第二请求用于获取该调控板的储能数值和吸收效率。

在一个实施例中，该确定单元2002，还用于确定该调控板的状态图样。

在一个实施例中，该确定单元2002确定该调控板的状态图样包括：根据三维空间地图和该调控板的位置信息确定该调控板的状态图样。

在一个实施例中，该确定单元2002确定该调控板的状态图样包括：根据三维空间地图、该调控板的位置信息、该调控板的储能数值和吸收效率确定该调控板的状态图样。

在一个实施例中，该吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，该主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，该被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

有关上述发送单元2001、确定单元2002以及接收单元2003更详细的描述可以直接参考上述图3所示的方法实施例中环境控制器的相关描述直接得到，这里不加赘述。

基于上述网络架构，请参阅图21，图21是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图。其中，该通信装置可以为调控装置。如图21所示，该通信装置可以包括：多个超材料单元2101组成的调控板2102、滑动轨道2103、超材料单元2101对应的模拟电路、无线收发信机2104。

其中，调控板2102上的超材料单元2101的个数在不同的应用场景下可以不同，超材料单元2101可以旋转，从而可以改变调控板的角度或方向。滑动轨道2103可以包括电机马达和机械齿轮，可以实现调控板的空间位置移动。无线收发信机2104可以包括电池、时钟以及状态控制器，无线收发信机可以用于与其它通信设备（接入网设备或环境控制器）进行通信。状态控制器可以用于对调控板2102的超材料单元2101的状态进行控制，使其在被动转发态（P态）、主动转发态（A态）、吸收储能态（C态）这三种状态下进行转换。超材料单元对应的模拟电路可以包括移相电路（移相模块）、调幅电路（调幅模块）、吸收储能电路（吸收储能模块），以及K1和K2状态开关，其中，每个超材料单元都可以有对应的模拟电路，并且，每个超材料单元对应的模拟电路可以是相同的。K1和K2可以是物理开关，也可以是虚拟开关。

请参见图22，图22是本发明实施例公开的一种模拟电路的示意图。如图22所示，该模拟电路可以包括吸收储能电路、移相电路和调幅电路。调幅电路分别电连接移相电路和吸收储能电路。移相电路可以包括可变电容C1、电阻R1和电感L1，其中，可以通过控制可变电容C1的电容变化使入射电磁波的相位发生不同的改变。调幅电路可以包括电阻R2、电阻R3、电阻R4、运放（即运算放大器），调幅电路可以对入射电磁波进行放大转发。吸收储能电路可以包括电容C2、二极管D1、二极管D2、电容C3，吸收储能电路可以吸收入射电磁波，然后转换为电能存储在本地电池中。需要说明的是，调控板2102的所有超材料单元2101可以统一化调整状态，也即是可以统一进行C态、P态、A态的切换过程，因此，可以降低调控板的处理复杂度和平均系统功耗。

调控板可以根据状态图样在不同的时间调整自己的K1和K2开关，使得超材料面板2102整体在C态、P态、A态之间有规律地变化。其中，K1朝上、K2朝上可以使调控板处于吸收储能态，K1朝下、K2朝上可以使调控板处于被动转发态，K1朝下、K2朝上可以使调控板处于主动转发态。K1、K2朝上或朝下不是物理实指开合状态，而是概念虚指状态切换。请参见图23，图23是本发明实施例公开的一种调控板的状态切换示意图。如图23所示，调控板可以通过调整K1和K2开关，改变自身的状态。

基于上述网络架构,请参阅图24,图24是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图。如图24所示,该通信装置可以包括处理器2401、存储器2402、收发器2403和总线2404。存储器2402可以是独立存在的,可以通过总线2404与处理器2401相连接。存储器2402也可以和处理器2401集成在一起。其中,总线2404用于实现这些组件之间的连接。在一种情况下,如图15所示,收发器2403可以包括发射机24031、接收机24032和天线24033。在另一种情况下,收发器2403可以包括发射器(即输出接口)和接收器(即输入接口)。发射器可以包括发射机和天线,接收器可以包括接收机和天线。

在一个实施例中,该通信装置可以为调控板或者调控板内的模块(例如,芯片),存储器2402中存储的计算机程序被执行时,该处理器2401用于控制接收单元1801和发送单元1803执行上述实施例中执行的操作,该处理器2401还用于执行上述调整单元1802执行的操作,收发器2403用于执行上述实施例中发送单元1803和接收单元1801执行的操作。上述调控板或者调控板内的模块还可以用于执行上述图3方法实施例中调控板执行的方法,在此不再赘述。

在一个实施例中,该通信装置可以为接入网设备或者接入网设备内的模块(例如,芯片),存储器2402中存储的计算机程序被执行时,该处理器2401用于控制接收单元1901和发送单元1902执行上述实施例中执行的操作,该处理器2401还用于执行上述确定单元1903和分配单元1904执行的操作,收发器2403用于执行上述实施例中接收单元1901和发送单元1902执行的操作。上述接入网设备或者接入网设备内的模块还可以用于执行上述图3方法实施例中接入网设备执行的方法,在此不再赘述。

在一个实施例中,该通信装置可以为环境控制器或者环境控制器内的模块(例如,芯片),存储器2402中存储的计算机程序被执行时,该处理器2401用于控制发送单元2001和接收单元2003执行上述实施例中执行的操作,该处理器2401还用于执行上述确定单元2002执行的操作,收发器2403用于执行上述实施例中发送单元2001和接收单元2003执行的操作。上述环境控制器或者环境控制器内的模块还可以用于执行上述图3方法实施例中环境控制器执行的方法,在此不再赘述。

基于上述网络架构,请参阅图25,图25是本发明实施例公开的又一种通信装置的结构示意图。如图25所示,该通信装置可以包括输入接口2501、逻辑电路2502和输出接口2503。输入接口2501与输出接口2503通过逻辑电路2502相连接。其中,输入接口2501用于接收来自其它通信装置的信息,输出接口2503用于向其它通信装置输出、调度或者发送信息。逻辑电路2502用于执行除输入接口2501与输出接口2503的操作之外的操作,例如实现上述实施例中处理器2401实现的功能。其中,该通信装置可以为调控板或者调控板内的模块,也可以为接入网设备或者接入网设备内的模块,还可以为环境控制器或者环境控制器内的模块。其中,有关输入接口2501、逻辑电路2502和输出接口2503更详细的描述可以直接参考上述方法实施例中调控板、接入网设备或环境控制器的相关描述直接得到,这里不加赘述。

基于上述网络架构,请参阅图26,图26是本发明实施例公开的一种通信系统的结构示意图。如图26所示,该通信系统可以包括调控板2601、接入网设备2602和环境控制器2603。其中,详细描述可以参考图3所示的通信方法。

本发明实施例还公开一种计算机可读存储介质,其上存储有指令,该指令被执行时执行上述方法实施例中的方法。

本发明实施例还公开一种包括指令的计算机程序产品,该指令被执行时执行上述方法实施例中的方法。

以上所述的具体实施方式,对本申请的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说

明，所应理解的是，以上所述仅为本申请的具体实施方式而已，并不用于限定本申请的保护范围，凡在本申请的技术方案的基础之上，所做的任何修改、等同替换、改进等，均应包括在本申请的保护范围之内。

权 利 要 求 书

1. 一种通信方法，其特征在于，包括：
接收来自接入网设备的位置信息，所述位置信息包括旋转信息和/或移动信息；
根据所述位置信息调整调控板的位置；
接收来自所述接入网设备的状态图样；
根据所述状态图样调整所述调控板的状态。
2. 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述根据所述位置信息调整调控板的位置包括：
根据所述旋转信息调整所述调控板的空间方向，和/或根据所述移动信息调整所述调控板的
的空间位置。
3. 根据权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
向所述接入网设备发送储能数值和吸收效率。
4. 根据权利要求3所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
接收来自所述接入网设备的第一请求，所述第一请求用于请求所述储能数值和所述吸收
效率。
5. 一种通信方法，其特征在于，包括：
接收来自环境控制器的调控板的位置信息，所述位置信息包括旋转信息和/或移动信息；
向所述调控板发送所述位置信息；
接收来自所述环境控制器的所述调控板的所述状态图样，所述状态图样包括状态信息，所述
状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态；
向所述调控板发送所述状态图样。
6. 根据权利要求5所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
向所述环境控制器发送所述调控板的储能数值和吸收效率。
7. 根据权利要求6所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
接收来自所述环境控制器的第二请求，所述第二请求用于获取所述调控板的储能数值和
吸收效率。
8. 根据权利要求6或7所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
接收来自所述调控板的储能数值和吸收效率。
9. 根据权利要求8所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
向所述调控板发送第一请求，所述第一请求用于请求所述调控板的储能数值和吸收效率。
10. 根据权利要求5-9任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
根据三维空间地图、所述调控板的位置信息和状态图样确定终端设备的信道质量，所述
三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模
型信息以及接入网设备的部署信息；
根据所述信道质量为所述终端设备分配资源；
向所述终端设备发送所述资源的信息。
11. 根据权利要求5-10任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：
根据所述三维空间地图、所述调控板的位置信息和状态图样确定所述终端设备的信道质
量；
根据所述信道质量确定发送功率；

向所述终端设备发送所述发送功率。

12. 一种通信方法，其特征在于，包括：

向接入网设备发送调控板的位置信息，所述位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

向所述接入网设备发送所述调控板的状态图样，所述状态图样包括状态信息，所述状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态。

13. 根据权利要求12所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

确定所述调控板的位置信息。

14. 根据权利要求13所述的方法，其特征在于，所述确定所述调控板的位置信息包括：

根据三维空间地图确定所述调控板的位置信息，所述三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

15. 根据权利要求13所述的方法，其特征在于，所述确定所述调控板的位置信息包括：

根据三维空间地图，以及所述调控板的储能数值和吸收效率确定所述调控板的位置信息，所述三维空间地图包括建筑结构信息、固定设备的位置信息和材质信息、固定设备的通信业务模型信息以及接入网设备的部署信息。

16. 根据权利要求15所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

接收来自所述接入网设备的所述调控板的储能数值和吸收效率。

17. 根据权利要求16所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

向所述接入网设备发送第二请求，所述第二请求用于获取所述调控板的储能数值和吸收效率。

18. 根据权利要求12-17任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

确定所述调控板的状态图样。

19. 根据权利要求18所述的方法，其特征在于，所述确定所述调控板的状态图样包括：

根据三维空间地图和所述调控板的位置信息确定所述调控板的状态图样。

20. 根据权利要求18所述的方法，其特征在于，所述确定所述调控板的状态图样包括：

根据三维空间地图、所述调控板的位置信息、所述调控板的储能数值和吸收效率确定所述调控板的状态图样。

21. 根据权利要求1-20任一项所述的方法，其特征在于，所述旋转信息包括旋转方向和旋转角度。

22. 根据权利要求1-21任一项所述的方法，其特征在于，所述移动信息包括移动方向和移动距离。

23. 根据权利要求5-22任一项所述的方法，其特征在于，所述吸收储能态是将吸收的电磁波转换为电能并存储的状态，所述主动转发态是将入射的电磁波经放大后进行反射或透射的状态，所述被动转发态是将入射的电磁波进行反射或透射的状态。

24. 一种通信装置，其特征在于，包括：

接收单元，用于接收来自接入网设备的位置信息，所述位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

调整单元，用于根据所述位置信息调整调控板的位置；

所述接收单元，还用于接收来自所述接入网设备的状态图样；

所述调整单元，还用于根据所述状态图样调整所述调控板的状态。

25. 一种通信装置，其特征在于，包括：

接收单元，用于接收来自环境控制器的调控板的位置信息，所述位置信息包括旋转信息

和/或移动信息；

发送单元，用于向所述调控板发送所述位置信息；

所述接收单元，还用于接收来自所述环境控制器的所述调控板的状态图样，所述状态图样包括状态信息，所述状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态；

所述发送单元，还用于向所述调控板发送所述状态图样。

26. 一种通信装置，其特征在于，包括：

发送单元，用于向接入网设备发送调控板的位置信息，所述位置信息包括旋转信息和/或移动信息；

所述发送单元，还用于向所述接入网设备发送所述调控板的状态图样，所述状态图样包括状态信息，所述状态信息对应的状态为吸收储能态、主动转发态或被动转发态。

27. 一种通信装置，其特征在于，包括处理器和存储器，所述处理器调用所述存储器中存储的计算机程序实现如权利要求 1-23 任一项所述的方法。

28. 根据权利要求 27 所述的通信装置，其特征在于，所述通信装置还包括收发器，所述收发器用于接收来自所述通信装置之外的其它通信装置的信息，以及向所述通信装置之外的其它通信装置输出信息。

29. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，所述计算机可读存储介质中存储有计算机程序或计算机指令，当所述计算机程序或计算机指令被运行时，实现如权利要求 1-23 任一项所述的方法。

30. 一种计算机程序产品，其特征在于，所述计算机程序产品包括计算机程序代码，当所述计算机程序代码被运行时，实现如权利要求 1-23 任一项所述的方法。

31. 一种通信系统，其特征在于，所述通信系统包括调控板、接入网设备和环境控制器，所述调控板用于执行如权利要求 1-4 任一项所述的方法，所述接入网设备用于执行如权利要求 5-11 任一项所述的方法，所述环境控制器用于执行如权利要求 12-23 任一项所述的方法。