

基于远程直接内存访问的通信方法及装置

本申请要求于 2024 年 01 月 19 日提交国家知识产权局、申请号为 202410083131.4、申请名称为“基于远程直接内存访问的通信方法及装置”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

本申请实施例涉及通信领域，尤其涉及基于远程直接内存访问的通信方法及装置。

背景技术

远程直接内存访问（remote direct memory access, RDMA）技术用于解决网络传输中服务器端数据处理的延迟。基于 RDMA 技术，能够直接通过网络接口访问内存数据，无需通过中央处理单元（central process unit, CPU）将数据搬移至内核，再由内核搬移至网卡。RDMA 允许高吞吐、低延迟的网络通信，尤其适合在大规模并向计算机集群中使用。

RDMA 的报文包括管理报文（management datagrams, MAD）和数据报文。MAD 进一步分为子网管理（subnet management, SM）MAD、通信管理（communication management, CM）MAD、性能（performance）MAD 等。其中，SM MAD 的优先级高于数据报文和其他类型 MAD 的优先级。

在目前的无线与 RDMA 的融合技术中，CM MAD 在空口通过控制面的无线资源控制（radio resource control, RRC）信令传输，其他管理报文和数据报文通过空口用户面传输。然而，除 CM MAD 外的其他 RDMA 报文均通过空口用户面传输，可能导致 RDMA 的控制信息无法及时传输给 RDMA 节点，造成远程内存读取性能下降。

发明内容

本申请提供一种基于远程直接内存访问的通信方法及装置，使得 RDMA 的管理报文能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

第一方面，提供了一种基于远程直接内存访问的方法，该方法可以由终端执行，也可以由应用于终端的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分终端功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。该方法包括：发送第一消息，第一消息用于请求建立协议数据单元 PDU 会话，PDU 会话用于传输远程直接内存访问 RDMA 报文。接收第二消息，第二消息用于指示接受 PDU 会话的建立。其中，第一消息包括第一信息，第一信息用于指示 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型，RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文，第一类报文的传输优先级高于第二类报文的传输优先级。其中，第一类报文为管理报文，第二类报文为数据报文，或者，第一类报文为第一类管理报文，第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，第一类管理报文用于子网管理。

基于该方案，RDMA 的管理报文和数据报文均在用户面通过 PDU 会话传输。由于管理报文（如 SM 管理报文、CM 管理报文）的传输优先级高于数据报文的传输优先级，或者，第一类管理报文的传输优先级高于其他报文（如 CM 管理报文、数据报文等）的传输优先级，使得管理报文或第一类管理报文能够优先传输，保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

第二方面，提供了一种基于远程直接内存访问的方法，该方法可以由 RAN 节点执行，也可以由应用于 RAN 节点的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分 RAN 节点功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。该方法包括：接收第一消息，第一消息用于请求建立协议数据单元 PDU 会话，PDU 会话用于传输远程直接内存访问 RDMA 报文。发送第二消息，第二消息用于指示接受 PDU 会话的建立。其中，第一消息包括第一信息，第一信息用于指示 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型，RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文，第一类报文的传输优先级高于第二类报文的传输优先级。其中，第一类报文为管理报文，第二类报文为数据报文，或者，第一类报文为第一类管理报文，第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，第一类管理报文用于子网管理。其中，第二方面所带来的技术效果可参考第一方面所带来的技术效果，在此不再赘述。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的设计中，第一类报文通过 PDU 会话的第一类服务质量 QoS

流传输，第二类报文通过 PDU 会话的第二类 QoS 流传输。其中，第一类 QoS 流的优先级高于第二类 QoS 流的优先级。

基于该可能的设计，由于传输第一类报文的第一类 QoS 流的优先级高于传输第二类报文的第二类 QoS 流的优先级，因此能够使得第一类报文，即管理报文或第一类管理报文，能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的设计中，第一消息还包括第二信息，第二信息用于指示 PDU 会话的类别为 RDMA 会话。

基于该可能的设计，能够通过第二信息指示请求建立的 PDU 会话为 RDMA 会话，从而使得会话管理网元能够为第一类报文设置更高的优先级，仅为保证第一类报文能够及时传输给 RDMA 节点。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的设计中，第一信息包括 RDMA 报文的传输层标识。传输层标识小于或等于第一数值的情况下，PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为管理报文；传输层标识大于第一数值的情况下，PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为数据报文。基于该可能的设计，能够通过该传输层标识区分管理报文或数据报文。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的设计中，第一信息包括 RDMA 报文的链路层标识。链路层标识大于或等于第二数值的情况下，PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第一类管理报文；链路层标识小于第二数值的情况下，PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第二类管理报文和/或数据报文。基于该可能的设计，能够通过链路层标识区分第一类管理报文或其他报文，如第二类管理报文和/或数据报文。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的设计中，第一类管理报文包括以下至少一项：用于获取或读取节点属性的信息、用于设置或写节点属性的信息、或读写请求的响应信息。

结合第一方面或第二方面，在一种可能的设计中，节点属性用于指示以下至少一项：节点描述信息、节点信息、或子网管理信息。节点信息包括以下至少一项：管理报文版本、子网管理版本或节点类型。子网管理信息包括以下至少一项：全球唯一标识、子网管理秘钥、子网管理状态、或优先级。

结合第一方面或第二方面，第二消息在下述具体实施方式中称为第五消息。

第三方面，提供了一种基于远程直接内存访问的通信方法，该方法可以由第一通信装置执行，也可以由应用于第一通信装置的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分第一通信装置功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。第一通信装置可以为终端或 RAN 节点。该方法包括：确定用于承载第一报文的第一无线承载，并在第一无线承载上发送第一报文。其中，该第一报文是根据远程直接内存访问 RDMA 报文得到的。RDMA 报文为第一类报文的情况下，第一无线承载为信令无线承载 SRB，或者，RDMA 报文为第二类报文的情况下，第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。其中，第一类报文为管理报文，第二类报文为数据报文，或者，第一类报文为第一类管理报文，第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，第一类管理报文用于子网管理。

基于该方案，通过高优先级的控制面（如 SRB）传输管理报文或第一类管理报文，通过用户面（如 DRB 或 SRB）传输 RDMA 的数据报文，使得 RDMA 的管理控制消息能够优先传输，从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

在一种可能的设计中，该方法还包括：基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文；基于无线通信协议栈，根据 RDMA 报文确定第一报文。

基于该可能的设计，能够实现 RDMA 协议栈和无线通信协议栈的融合，并基于 RDMA 协议栈和无线通信协议栈生成报文，实现 RDMA 在无线通信中的应用，降低无线通信系统中节点的 CPU 占用率。

在一种可能的设计中，RDMA 协议栈包括传输层、网络层和链路层。基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文，包括：基于 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；基于 RDMA 协议栈中的网络层，根据传输层报文生成网络层报文；基于 RDMA 协议栈中的链路层，根据网络层报文生成链路层报文作为 RDMA 报文。

在一种可能的设计中，RDMA 报文的链路层标识大于或等于第二数值的情况下，RDMA 报文为第一类管理报文；RDMA 报文的链路层标识小于第二数值的情况下，RDMA 报文为第二类管理报文和/或数据报文。基于该可能的设计，能够通过链路层标识识别第一类管理报文和其他报文。

在一种可能的设计中，RDMA 协议栈包括传输层。基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文，包括：基于 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；根据传输层报文确定 RDMA 报文。

在一种可能的设计中，根据传输层报文确定 RDMA 报文，包括：将传输层报文作为 RDMA 报文；或者，基于 RDMA 协议栈中的网络层，根据传输层报文生成网络层报文作为 RDMA 报文。

在一种可能的设计中，RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，RDMA 报文为管理报文；或者，RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，RDMA 报文为数据报文。基于该可能的设计，能够基于传输层标识识别管理报文或数据报文。

在一种可能的设计中，RDMA 报文为第一类报文的情况下，第一报文携带在无线资源控制 RRC 容器或非接入层 NAS 容器中。

在一种可能的设计中，第一报文为第一类报文的情况下，基于无线通信协议栈，根据 RDMA 报文生成第一报文，包括：基于无线通信协议栈中的 RRC 层或 NAS 层，根据 RDMA 报文生成第一报文。

在一种可能的设计中，基于无线通信协议栈，根据 RDMA 报文生成第一报文，包括：基于无线通信协议栈中的 SDAP 层或 PDCP 层，根据 RDMA 报文生成第一报文。

在一种可能的设计中，该方法还包括：发送第一消息，第一消息用于请求建立 RRC 连接，第一消息包括请求建立 RRC 连接的原因值。其中，RDMA 报文为第一类报文的情况下，原因值为第一原因值，第一原因值用于触发控制面传输；RDMA 报文为第二类报文的情况下，原因值为第二原因值，第二原因值用于触发用户面传输。其中，第一消息在下述具体实施方式中称为第七消息。

基于该可能的设计，RDMA 报文为第一类报文的情况下，在 RRC 连接建立请求中携带用于触发控制面传输的第一原因值，RDMA 报文的第二类报文的情况下，在 RRC 连接建立请求中携带用于触发用户面传输的第二原因值，从而使得在 RDMA 报文为第一类报文的情况下，能够进行控制面传输，通过 SRB 承载第一类报文；以及使得在 RDMA 报文为第二类报文的情况下，能够进行用户面传输，通过 CRB 或 SRB 承载第二类报文。最终使得 RDMA 的管理控制消息能够优先传输，从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

在一种可能的设计中，第一原因值为被叫响应、主叫信令接入或 RDMA 信令接入中的至少一项，和/或，第二原因值为数据接入或 RDMA 数据接入。

第四方面，提供了一种基于远程直接内存访问的通信方法，该方法可以由 RAN 节点执行，也可以由应用于 RAN 节点的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分 RAN 节点功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。该方法包括：通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道接收第一报文，该第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；在第一无线承载上发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，第一无线承载为信令无线承载 SRB，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。

基于该方案，通过高优先级的控制面（如 SRB）传输用于通信管理的管理报文，通过用户面（如 DRB 或 SRB）传输 RDMA 的数据报文，使得 RDMA 的该管理报文能够优先传输，从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。此外，由于该管理报文通过 SRB 承载，SRB 的可靠性高于 CRB 或 DRB，因此可以尽量避免建链失败，从而避免重复建链导致的 RDMA 性能降低，提高 RDMA 的性能。

其中，第一报文在下述具体实施方式中称为第二报文，第一无线承载在下述具体实施方式中称为第二无线承载，第一类管理报文在下述具体实施方式中称为第二类管理报文。

在一种可能的设计中，GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道的情况下，RDMA 报文为第一类管理报文；或者，GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道的情况下，RDMA 报文为数据报文。

基于该可能的设计，RAN 节点和核心网网元之间可以分别建立用于传输第一类管理报文和数据报文的 GTP-U 隧道，使得二者可以采用不同的 GTP-U 隧道传输。

在一种可能的设计中，RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，RDMA 报文为第一类管理报文；或者，RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，RDMA 报文为数据报文。

基于该可能的设计，能够通过传输层标识识别第一类管理报文或数据报文，无需通过 GTP-U 隧道区分，使得第一类管理报文和数据报文可以复用 RAN 节点和核心网网元之间的 GTP-U 隧道，降低 RAN 节点与核心网网元之间建立隧道的复杂度和开销。

第五方面，提供了一种基于远程直接内存访问的通信方法，该方法可以由核心网网元执行，也可以由应用于核心网网元的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分核心网网元功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。该核心网网元可以为用户面网元或具有用户面功能。该方法包括：确定第一报文，第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，GTP-U 隧道为第

一 GTP-U 隧道，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。其中，第五方面所带来的计算效果可参考第四方面所带来的技术效果，在此不再赘述。

其中，第一报文在下述具体实施方式中称为第二报文，第一类管理报文在下述具体实施方式中称为第二类管理报文。

第六方面，提供了一种基于远程直接内存访问的通信方法，该方法可以由 RAN 节点执行，也可以由应用于 RAN 节点的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分 RAN 节点功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。该方法包括：在第一无线承载上接收第一报文，第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，第一无线承载为信令无线承载 SRB，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。

基于该方案，通过高优先级的控制面（如 SRB）传输用于通信管理的管理报文，通过用户面（如 DRB 或 SRB）传输 RDMA 的数据报文，使得 RDMA 的该管理报文能够优先传输，从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

其中，第一报文在下述具体实施方式中称为第三报文，第一无线承载在下述具体实施方式中称为第三无线承载，第一类管理报文在下述具体实施方式中称为第二类管理报文。

在一种可能的设计中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

基于该可能的设计，RAN 节点和核心网网元之间可以分别建立用于传输第一类管理报文和数据报文的 GTP-U 隧道，使得二者可以采用不同的 GTP-U 隧道传输。

在一种可能的设计中，RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，RDMA 报文为第一类管理报文；或者，RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，RDMA 报文为数据报文。

第七方面，提供了一种基于远程直接内存访问的通信方法，该方法可以由核心网网元执行，也可以由应用于核心网网元的模块（例如处理器、芯片、或芯片系统等）执行，还可以由能实现全部或部分核心网网元功能的逻辑节点、逻辑模块或软件实现。该核心网网元可以为用户面网元或具有用户面功能。该方法包括：通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道接收第一报文，第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。其中，第七方面所带来的技术效果可参考第六方面所带来的技术效果，在此不再赘述。

其中，第一报文在下述具体实施方式中称为第三报文，第一类管理报文在下述具体实施方式中称为第二类管理报文。

结合第四方面至第七方面，在一种可能的设计中，第一 GTP-U 隧道的类型为第一类型，第一类型的 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的第一类管理报文；或者，第二 GTP-U 隧道的类型为第二类型，第二类型的 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的数据报文。

结合第四方面至第七方面，在一种可能的设计中，第一 GTP-U 隧道的标识与第一类管理报文对应，第一 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的第一类管理报文；或者，第二 GTP-U 隧道的标识与数据报文对应，第二 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的数据报文。

第八方面，提供了一种通信装置，用于实现各种方法。所述通信装置包括实现方法相应的模块、单元、或手段（means），该模块、单元、或 means 可以通过硬件实现，软件实现，或者通过硬件执行相应的软件实现。该硬件或软件包括一个或多个与功能相对应的模块或单元。

在一些可能的设计中，该通信装置可以包括处理模块和收发模块。该处理模块，可以用于实现上述任一方面及其任意可能的实现方式中的处理功能。收发模块可以包括接收模块和发送模块，分别用以实现上述任一方面及其任意可能的实现方式中的接收功能和发送功能。

在一些可能的设计中，收发模块可以由收发电路，收发机，收发器或者通信接口构成。

第九方面，提供了一种通信装置，包括：处理器和存储器；该存储器用于存储计算机指令，当该处理器执行该指令时，以使该通信装置执行任一方面所述的方法。

第十方面，提供一种通信装置，包括：处理器和通信接口；该通信接口，用于与该通信装置之外的模块通信；所述处理器用于执行计算机程序或指令，以使该通信装置执行任一方面所述的方法。

第十一方面，提供了一种通信装置，包括：至少一个处理器；所述处理器用于执行存储器中存储的计

算机程序或指令，以使该通信装置执行任一方面所述的方法。该存储器可以与处理器耦合，或者，也可以独立于该处理器。

第十二方面，提供了一种通信装置（例如，该通信装置可以是芯片或芯片系统），该通信装置包括处理器，用于实现第一方面至第六方面中任一方面中所涉及的功能。

在一些可能的设计中，该通信装置包括存储器，该存储器，用于保存必要的程序指令和数据。

在一些可能的设计中，该装置是芯片系统时，可以由芯片构成，也可以包含芯片和其他分立器件。

可以理解的是，第八方面至第十二方面提供的通信装置可以是第一方面中的终端，也可以是终端中执行第一方面中所描述的方法/操作/步骤/动作所一一对应的模块或单元（例如，芯片，或者芯片系统，或者电路），或者是能够与终端匹配使用的模块或单元，或者还可能是能实现全部或部分终端功能的逻辑节点、逻辑模块或软件。

或者，该通信装置可以是第二方面或第四方面或第六方面中的 RAN 节点，也可以是 RAN 节点中执行第二方面或第四方面或第六方面中所描述的方法/操作/步骤/动作所一一对应的模块或单元（例如，芯片，或者芯片系统，或者电路），或者是能够与 RAN 节点匹配使用的模块或单元，或者还可能是能实现全部或部分 RAN 节点功能的逻辑节点、逻辑模块或软件。

或者，该通信装置可以是第三方面中的第一通信装置，也可以是第一通信装置中执行第三方面中所描述的方法/操作/步骤/动作所一一对应的模块或单元（例如，芯片，或者芯片系统，或者电路），或者是能够与第一通信装置匹配使用的模块或单元，或者还可能是能实现全部或部分第一通信装置功能的逻辑节点、逻辑模块或软件。

或者，该通信装置可以是第五方面或第七方面中的核心网网元，也可以是核心网网元中执行第五方面或第七方面中所描述的方法/操作/步骤/动作所一一对应的模块或单元（例如，芯片，或者芯片系统，或者电路），或者是能够与核心网网元匹配使用的模块或单元，或者还可能是能实现全部或部分核心网网元功能的逻辑节点、逻辑模块或软件。

可以理解的是，第八方面至第十二方面中任一方面提供的通信装置是芯片时，通信装置的发送动作/功能可以理解为输出信息，通信装置的接收动作/功能可以理解为输入信息。

第十三方面，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质中存储有计算机程序或指令，当其在通信装置上运行时，使得通信装置可以执行第一方面至第六方面中任一方面所述的方法。

第十四方面，提供了一种包含指令的计算机程序产品，当其在通信装置上运行时，使得该通信装置可以执行第一方面至第六方面中任一方面所述的方法。

第十五方面，提供一种通信系统，该通信系统包括终端和 RAN 节点。该终端用于执行上述第一方面及其任一可能的设计所述的方法，该 RAN 节点用于执行上述第二方面及其任一可能的设计所述的方法。

第十六方面，提供一种通信系统，该通信系统包括 RAN 节点和核心网网元。该 RAN 节点用于执行上述第四方面或第六方面及其任一可能的设计所述的方法，该核心网网元用于执行上述第五方面或第七方面及其任一可能的设计所述的方法。

其中，第八方面至第十六方面中任一种设计方式所带来的技术效果可参见第一方面至第七方面中不同设计方式所带来的技术效果，在此不再赘述。

附图说明

图 1 为本申请提供的一种 RDMA 的原理示意图；

图 2 为本申请提供的一种 RDMA 协议栈的示意图；

图 3 为本申请提供的一种 RDMA 的服务示意图；

图 4 为本申请提供的一种 RDMA 管理报文的结构示意图；

图 5 为本申请提供的一种通信系统的结构示意图；

图 6 为本申请提供的另一种通信系统的结构示意图；

图 7 为本申请提供的一种 RDMA 协议栈和无线通信协议栈融合的示意图；

图 8 为本申请提供的另一种 RDMA 协议栈和无线通信协议栈融合的示意图；

图 9 为本申请提供的一种通信方法的流程示意图；

图 10 为本申请提供的一种通过 QPN 和虚通道号区分报文类型的示意图；

图 11 为本申请提供的另一种通信方法的流程示意图；

图 12 为本申请提供的一种通过虚通道号区分报文类型的示意图；

图 13 为本申请提供的一种通过 QPN 区分报文类型的示意图；

图 14 为本申请提供的另一种通信方法的流程示意图；

图 15 为本申请提供的另一种通信方法的流程示意图；

图 16 为本申请提供的一种 GTP-U 隧道的示意图；

图 17 为本申请提供的另一种通信方法的流程示意图；

图 18-图 21 为本申请提供的 CM 握手建链流程示意图；

图 22-图 24 为本申请提供的通信装置的结构示意图。

具体实施方式

在本申请的描述中，除非另有说明，“/”表示前后关联的对象是一种“或”的关系，例如，A/B 可以表示 A 或 B；本申请中的“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系，表示可以存在三种关系，例如，A 和/或 B，可以表示：单独存在 A，同时存在 A 和 B，单独存在 B 这三种情况，其中 A，B 可以是单数或者复数。

在本申请的描述中，除非另有说明，“多个”是指两个或多于两个。“以下至少一项(个)”或其类似表达，是指的这些项中的任意组合，包括单项(个)或复数项(个)的任意组合。例如，a，b，或 c 中的至少一项(个)，可以表示：a，b，c，a-b，a-c，b-c，或 a-b-c，其中 a，b，c 可以是单个，也可以是多个。

另外，为了便于清楚描述本申请实施例的技术方案，在本申请的实施例中，采用了“第一”、“第二”等字样对功能和作用基本相同的相同项或相似项进行区分。本领域技术人员可以理解“第一”、“第二”等字样并不对数量和执行次序进行限定，并且“第一”、“第二”等字样也并不限定一定不同。

在本申请实施例中，“示例性的”或者“例如”等词用于表示作例子、例证或说明。本申请实施例中被描述为“示例性的”或者“例如”的任何实施例或设计方案不应被解释为比其它实施例或设计方案更优选或更具优势。确切而言，使用“示例性的”或者“例如”等词旨在以具体方式呈现相关概念，便于理解。

可以理解，说明书通篇中提到的“实施例”意味着与实施例有关的特定特征、结构或特性包括在本申请的至少一个实施例中。因此，在整个说明书各个实施例未必指相同的实施例。此外，这些特定的特征、结构或特性可以任意适合的方式结合在一个或多个实施例中。可以理解，在本申请的各种实施例中，各过程的序号的大小并不意味着执行顺序的先后，各过程的执行顺序应以其功能和内在逻辑确定，而不对本申请实施例的实施过程构成任何限定。

可以理解，在本申请中，“...时”、“若”、“...的情况下”均指在某种客观情况下会做出相应的处理，并非限定时间，且也不要求实现时要有判断的动作，也不意味着存在其它限定。

可以理解，本申请实施例中的一些可选的特征，在某些场景下，可以不依赖于其他特征，比如其当前所基于的方案，而独立实施，解决相应的技术问题，达到相应的效果，也可以在某些场景下，依据需求与其他特征进行结合。相应的，本申请实施例中给出的装置也可以相应的实现这些特征或功能，在此不予赘述。

本申请中，除特殊说明外，各个实施例之间相同或相似的部分可以互相参考。在本申请中各个实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中，如果没有特殊说明以及逻辑冲突，不同的实施例之间、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法之间的术语和/或描述具有一致性、且可以相互引用，不同的实施例、以及各实施例中的各个实施方式/实施方法/实现方法中的技术特征根据其内在的逻辑关系可以组合形成新的实施例、实施方式、实施方法、或实现方法。以下所述的本申请实施方式并不构成对本申请保护范围的限定。

为了方便理解本申请实施例的技术方案，首先给出本申请相关技术的简要介绍如下。

1、远程直接内存访问 (remote direct memory access, RDMA)：

面对高性能计算、大数据分析等输入输出 (input/output, I/O) 高并发、低延时应用，传统的传输控制协议 (transmission control protocol, TCP) / 互联网协议 (internet protocol, IP) 软硬件架构无法满足应用的需求。这是由于传统的 TCP/IP 网络通信通过内核发送消息，这种通信方式存在很高的数据移动和数据复制的开销。如图 1 中的左图所示，数据需要通过中央处理单元 (central process unit, CPU) 从应用程序 (application, APP) 搬移至内核 (kernel)，再由内核搬移至网卡 (如以太网端口 (ETH Net Port))。

RDMA 技术用于解决网络传输中服务器端数据处理的延迟。基于 RDMA 技术，能够直接通过网络接

口访问内存数据，无需操作系统内核的介入。如图 1 中的右图所示，RDMA 网卡直接读取 APP 数据，无需 CPU 介入数据搬移。

RDMA 允许高吞吐、低延迟的网络通信，尤其适合在大规模并向计算机集群中使用。当速率高达 40 千兆每秒 (giga bits per second, Gbps)，传统 TCP/IP 的传输方式导致 CPU 占用率高达 100%，而使用 RDMA 网卡时，CPU 占用率低至 5%。

2、RDMA 协议栈：

RDMA 技术存在多种应用，如无限带宽 (infiniband, IB)、聚合以太网 RDMA (RDMA over converged ethernet, RoCE)、因特网广域 RDMA 协议 (internet wide-area RDMA protocol, iWARP) 等。

InfiniBand 是一种基于 InfiniBand 架构的 RDMA 技术。它提供了一种基于通道的点对点消息队列转发模型，每个应用都可通过创建的虚拟通道 (virtual lane, VL) 直接获取本应用的数据消息，无需其他操作系统及协议栈的介入。如图 2 所示，InfiniBand 架构包括 IB 传输层 (IB transport protocol)、IB 网络层 (IB network layer) 和 IB 链路层 (IB link layer)。InfiniBand 架构的应用层采用了 RDMA 技术，可以提供远程节点间 RDMA 读写访问，完全卸载 CPU 工作负载；网络传输采用了高带宽的传输；链路层设置特定的重传机制保证服务质量，不需要数据缓冲。

RoCE 协议分为两个版本：RoCE v1 协议和 RoCE v2 协议。如图 2 所示，RoCE v1 协议基于以太网承载 RDMA，只能部署于二层网络，它的报文结构是在原有 IB 架构的报文上增加二层以太网的报文头，通过 Ethertype 0x8915 标识 RoCE 报文。RoCE v2 协议基于用户数据报协议 (user datagram protocol, UDP) /IP 协议承载 RDMA，可部署于三层网络，它的报文结构是在原有的 IB 架构的报文上增加 UDP 头、IP 头和二层以太网报文头，通过 UDP 目的端口号 4791 标识 RoCE 报文。

iWARP 是基于以太网和 TCP/IP 协议的 RDMA 技术，可以运行在标准的以太网基础设施上。iWARP 并没有指定物理层信息，所以能够工作在任何使用 TCP/IP 协议的网络上层。iWARP 允许很多传输类型来共享相同的物理连接，如网络、I/O、文件系统、块存储和处理器之间的消息通讯。如图 2 所示，标记协议数据单元 (protocol data unit, PDU) 对齐帧 (marker PDU aligned framing, MPA) 协议层作为适配层，在基于消息的直接数据放置 (direct data placement, DDP) 协议和基于字节流的 TCP 协议间做转换。DDP 上层的 RDMA 协议 (RDMA protocol, RDMAP) 用于向上层协议提供 RDMA 语义。

3、RDMA 报文：

如图 3 所示，在 RDMA 传输层以上，存在管理服务和消费者，因此在传输层以上存在管理报文（也称控制报文或管理控制报文）和数据报文。示例性的，管理报文 (management datagrams, MAD) 的格式如图 4 所示。

参见图 4，字节 MgmtClass 表示管理报文的类型，通过定义 MgmtClass 值定义不同的管理报文。例如，0x01/0x81 的管理类型表示子网管理 (subnet management, SM) MAD、0x03 的管理类型表示子网执行 (subnet administration, SA) MAD、0x04 的管理类型表示性能 (performance) MAD、0x07 的管理类型表示通信管理 (communication management, CM) MAD 等。图 4 所示其他字段的含义可参考现有 RDMA 标准中的相关说明，在此不再赘述。

通常，SM 管理报文的传输层队列对序号 (queue pair number, QPN) 为 0，其他类型管理报文的 QPN 为 1，数据报文的 QPN 大于 1。此外，在链路层，SM 管理报文被映射到虚通道号为 15 的 VL，其他类型管理报文和数据报文复用其他 VL。其中，虚通道号为 15 的 VL，不需要进行服务质量 (quality of service, QoS) 控制，该队列有报文到达就立即发送；而其他 VL 上的报文，采用信用机制进行 QoS 流控。即 SM 管理报文的优先级高于 RDMA 数据报文或其他管理报文。

通常，SM 管理报文在子网管理器和 RDMA 节点之间通过主从模式进行传输。CM 管理报文使用 peer Agent 的对等模式，这是由于 RDMA 通信可以是任意两个通信节点之间进行远程内存读写，CM 管理报文用于远程内存读写时的队列对上下文 (queue pair context, QPC) 获取，因此采用对等模式。

随着无线通信的发展，RDMA 与无线通信融合成为必然趋势。Intel 2022 年在电气和电子工程师协会 (institute of electrical and electronics engineers, IEEE) Access 发表“6G Cloud-Native System: Vision, Challenges, Architecture Framework and Enabling Technologies”，其中提到 RDMA 的 CM 管理报文在空口通过控制面无线资源控制 (radio resource control, RRC) 信令传输，RDMA 的数据报文和其他管理报文，如 SM 管理报文等，通过空口用户面传输。

然而，若 SM 管理报文和数据报文都通过空口用户面传输，目前无法实现 SM 管理报文的高优先级传输，可能导致 RDMA 的控制信息无法及时传输给 RDMA 节点，造成远程内存读取性能下降。基于此，本

申请提供一种基于 RDMA 的通信方法。该方法可以使得 RDMA 的管理报文能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

本申请实施例的技术方案可用于各种通信系统，该通信系统可以为第三代合作伙伴计划（third generation partnership project, 3GPP）通信系统，例如，长期演进（long term evolution, LTE）系统等第四代（4th generation, 4G）系统、新无线（new radio, NR）系统等第五代（5th generation, 5G）系统、LTE 和 5G 混合组网的系统、非陆地网络（non-terrestrial network, NTN）、物联网（internet of things, IoT）系统、窄带 IoT（narrow band IoT, NB-IoT）系统，或者其他下一代通信系统。该通信系统也可以为非 3GPP 通信系统，不予限制。

其中，上述适用本申请的通信系统仅是举例说明，适用本申请的通信系统不限于此，本申请提供的通信系统对本申请的方案不造成任何限定，在此统一说明，以下不再赘述。

图 5 为示出了一种可能的、非限制性的系统示意图。如图 5 所示，通信系统 50 包括无线接入网（radio access network, RAN）500 和核心网（core network, CN）600。RAN 500 包括至少一个 RAN 节点（如图 1 中的 510a 和 510b，统称为 510）和至少一个终端（如图 5 中的 520a-520j，统称为 520）。RAN 500 中还可以包括其它 RAN 节点，例如，无线中继设备和/或无线回传设备（图 5 中未示出）等。终端 520 通过无线的方式与 RAN 节点 510 相连。示例性的，如图 6 所示，核心网 600 中包括用户面网元。进一步，核心网 600 中还可以包括移动管理网元、会话管理网元等其他网元。

RAN 节点 510 通过无线或有线方式与核心网 600 连接。核心网 600 中的核心网网元与 RAN 500 中的 RAN 节点 510 可以分别是不同的物理设备，也可以是集成了核心网逻辑功能和无线接入网逻辑功能的同一个物理设备。

RAN 500 可以为 3GPP 相关的蜂窝系统，例如，4G、5G 移动通信系统、或面向未来的演进系统（例如第六代（6th generation, 6G）移动通信系统）。RAN 500 还可以是开放式接入网（open RAN, O-RAN 或 ORAN）、云无线接入网络（cloud radio access network, CRAN）、或者无线保真（wireless fidelity, WiFi）系统。RAN 500 还可以是以上两种或两种以上系统融合的通信系统。

RAN 节点 510，有时也可以称为接入网设备，RAN 实体或接入节点等，构成通信系统的一部分，用以帮助终端实现无线接入。通信系统 50 中的多个 RAN 节点 510 可以为同一类型的节点，也可以为不同类型的节点。在一些场景下，RAN 节点 510 和终端 520 的角色是相对的，例如，图 5 中网元 520i 可以是直升机或无人机，其可以被配置成移动基站，对于那些通过网元 520i 接入到 RAN 500 的终端 520j 来说，网元 520i 是基站；但对于基站 510a 来说，网元 520i 是终端。RAN 节点 510 和终端 520 有时都称为通信装置，例如图 5 中网元 510a 和 510b 可以理解为由具有基站功能的通信装置，网元 520a-520j 可以理解为由具有终端功能的通信装置。

在一种可能的场景中，RAN 节点可以是基站（base station）、演进型基站（evolved NodeB, eNodeB）、接入点（access point, AP）、发送接收点（transmission reception point, TRP）、下一代基站（next generation NodeB, gNB）、6G 移动通信系统中的下一代基站、未来移动通信系统中的基站、或 WiFi 系统中的接入节点等。RAN 节点可以是宏基站（如图 5 中的 510a）、微基站或室内站（如图 5 中的 510b）、中继节点或施主节点、或者是 CRAN 场景下的无线控制器。可选的，RAN 节点还可以是服务器，可穿戴设备，车辆或车载设备等。例如，车辆外联（vehicle to everything, V2X）技术中的接入网设备可以为路侧单元（road side unit, RSU）。本申请中的 RAN 节点的全部或部分功能也可以通过在硬件上运行的软件功能来实现，或者通过平台（例如云平台）上实例化的虚拟化功能来实现。本申请中的 RAN 节点还可以是能实现全部或部分 RAN 节点功能的逻辑节点、逻辑模块或软件。

在另一种可能的场景中，由多个 RAN 节点协作协助终端实现无线接入，不同 RAN 节点分别实现基站的部分功能。例如，RAN 节点可以是集中式单元（central unit, CU），分布式单元（distributed unit, DU），CU-控制面（control plane, CP），CU-用户面（user plane, UP），或者无线单元（radio unit, RU）等。CU 和 DU 可以是单独设置，或者也可以包括在同一个网元中，例如基带单元（baseband unit, BBU）中。RU 可以包括在射频设备或者射频单元中，例如包括在射频拉远单元（remote radio unit, RRU）、有源天线处理单元（active antenna unit, AAU）或远程射频头（remote radio head, RRH）中。

在不同系统中，CU（或 CU-CP 和 CU-UP）、DU 或 RU 也可以有不同的名称，但是本领域的技术人员可以理解其含义。例如，在 ORAN 系统中，CU 也可以称为 O-CU（开放式 CU），DU 也可以称为 O-DU，CU-CP 也可以称为 O-CU-CP，CU-UP 也可以称为 O-CU-UP，RU 也可以称为 O-RU。为描述方便，本申请中以 CU，CU-CP，CU-UP，DU 和 RU 为例进行描述。本申请中的 CU（或 CU-CP、CU-UP）、DU 和 RU

中的任一单元，可以通过软件模块、硬件模块、或者软件模块与硬件模块结合来实现。

终端也可以称为终端设备、用户设备 (user equipment, UE)、移动台、移动终端等。终端可以广泛应用于各种场景，例如，设备到设备 (device-to-device, D2D)、车物 (vehicle to everything, V2X) 通信、机器类通信 (machine-type communication, MTC)、物联网 (internet of things, IOT)、虚拟现实、增强现实、工业控制、自动驾驶、远程医疗、智能电网、智能家具、智能办公、智能穿戴、智能交通、智慧城市等。终端可以是手机、平板电脑、带无线收发功能的电脑、可穿戴设备、车辆、无人机、直升机、飞机、轮船、机器人、机械臂、智能家居设备等。本申请的实施例对终端的设备形态不做限定。

用户面网元主要负责对用户报文进行处理，如转发、计费等。在 5G 通信系统中，用户面网元可以是用户面功能 (user plane function, UPF) 网元。在未来通信如 6G 通信中，用户面网元仍可以是 UPF 网元，或者其它名称，本申请实施例对此不作限定。

移动管理网元主要用于移动网络中的终端的附着、移动性管理、跟踪区更新流程，移动管理设备终结了非接入层 (non access stratum, NAS) 消息、完成注册管理、连接管理以及可达性管理、分配跟踪区域列表 (track area list, TA list) 以及移动性管理等，并且透明路由会话管理 (session management, SM) 消息到会话管理网元。在 5G 通信系统中，移动管理网元可以是接入和移动管理功能 (access and mobility management function, AMF) 网元。在未来通信如 6G 通信中，移动管理网元仍可以是 AMF 网元，或者其它名称，本申请实施例对此不作限定。

会话管理网元主要负责移动网络中的会话管理，如会话建立、修改、释放。具体功能如为用户分配 IP 地址、选择提供报文转发功能的 UPF 等。在 5G 通信系统中，会话管理网元可以是会话管理功能 (session management function, SMF) 网元。在未来通信如 6G 通信中，会话管理网元仍可以是 SMF 网元，或者其它名称，本申请实施例对此不作限定。

需要说明的是，本申请实施例描述的通信系统是为了更加清楚的说明本申请实施例的技术方案，并不构成对于本申请实施例提供的技术方案的限制，本领域普通技术人员可知，随着网络架构的演变和新业务场景的出现，本申请实施例提供的技术方案对于类似的技术问题，同样适用。

下面结合图 5 或图 6 所示的通信系统，以终端、RAN 节点、核心网网元之间的交互为例，对本申请实施例提供的通信方法进行描述。需要说明的是，本申请下述实施例中，终端、RAN 节点、核心网网元之间的消息名称、各参数的名称、或各信息的名称等只是一个示例，在其他的实施例中也可以是其他的名称，本申请所提供的方法对此不作具体限定。

可以理解的，本申请实施例中，终端、RAN 节点、或核心网网元可以执行本申请实施例中的部分或全部步骤，这些步骤或操作仅是示例，本申请实施例还可以执行其它操作或者各种操作的变形。此外，各个步骤可以按照本申请实施例呈现的不同的顺序来执行，并且有可能并非要执行本申请实施例中的全部操作。

可以理解的，本申请中是以 RAN 节点、终端、核心网网元作为该交互示意的执行主体为例进行示意的，但本申请并不限制交互示意的执行主体。例如，本申请中由 RAN 节点执行的方法，也可以由应用于 RAN 节点的模块 (例如芯片、芯片系统、或处理器) 执行，还可以由能实现全部或部分 RAN 节点功能的逻辑节点、逻辑模块或软件来实现；本申请中由终端执行的方法，也可以由应用于终端的模块 (例如芯片、芯片系统、或处理器) 执行，还可以由能实现全部或部分终端功能的逻辑节点、逻辑模块或软件来实现；本申请中由核心网网元执行的方法，也可以由应用于核心网网元的模块 (例如芯片、芯片系统、或处理器) 执行，还可以由能实现全部或部分核心网网元功能的逻辑节点、逻辑模块或软件来实现。

此外，本申请中“发送信息/消息”可以理解为一个设备向另一个设备发送信息/消息，或者，也可以理解为设备内部的一个逻辑模块向另一个逻辑模块发送信息/消息。例如，“终端发送信息”可以理解为终端向另一个设备 (如 RAN 节点) 发送信息，或者，可以理解为终端中的逻辑模块 1 (如处理模块) 向终端中的逻辑模块 2 (如收发模块) 发送信息。

本申请中“接收信息/消息”可以理解为一个设备接收来自另一个设备的信息/消息，或者，也可以理解为设备内部的一个逻辑模块接收来自另一个逻辑模块的信息/消息。例如，“终端接收信息”可以理解为终端接收来自另一个设备 (如 RAN 节点) 的信息，或者，可以理解为终端中的逻辑模块 1 (如处理模块) 接收来自终端中的逻辑模块 2 (如收发模块) 的信息。

本申请中“向... (例如终端) 发送信息/消息”或者附图中的相关示意可以理解为该信息/消息的目的端是终端。可以包括直接或间接的向终端发送信息。“从... (例如 RAN 节点) 接收信息”或者“接收来自... (例如 RAN 节点) 的信息”或者“接收 (例如 RAN 节点) 发送的信息”，或者附图中的相关示意可以理解为该信息的源端是 RAN 节点，可以包括直接或间接的从 RAN 节点接收信息。信息在信息发送的源端和

目的端之间可能会进行必要的处理,例如格式变化等,但目的端可以理解来自源端的有效信息。本申请中类似的表述可以做类似的理解,在此不再赘述。

为了更好的理解本申请的方案,在介绍本申请提供的通信方法之前,首先介绍本申请提供的 RDMA 协议栈和无线通信协议栈的融合方案。

如图 7 中的 (a) 所示,为本申请提供的一种用户面协议栈融合的示意图。其中,在终端和 RAN 节点侧,空口无线通信协议栈从上到下依次包括服务数据适配(service data adaptation protocol, SDAP)层、分组数据汇聚协议(packet data convergence protocol, PDCP)层、无线链路控制(radio link control, RLC)层、媒体接入控制(media access control, MAC)层和物理层(physical, PHY)。此外,终端侧外接 RDMA 硬件以实现 RDMA 协议栈, RDMA 协议栈包括传输层(如 IB 传输层)、网络层(如 IB 网络层)和链路层(如 IB 链路层)。其中,网络层也可以替换为 IP 和 UDP 层。

在 RAN 节点和用户面网元之间,用户面协议栈包括通用分组无线业务(general packet radio service, GPRS)隧道协议用户面(GPRS tunnelling protocol for user plane, GTP-U)、UDP/IP 层、层 2(layer 2, L2)、层 1(layer 1, L1)。RDMA 传输层报文、RDMA 网络层报文、链路层帧(如 RDMA 链路层帧或以太网帧)可以作为 GTP-U 净荷。在用户面网元侧, GTP-U 层之上还可以包括 RDMA 链路层、RDMA 网络层和 RDMA 传输层。在 RDMA 服务器侧,包括 RDMA 传输层、RDMA 网络层、RDMA 链路层和层 1(或者层 1 和层 2)。

如图 7 中的 (b) 所示,为本申请提供的一种控制面协议栈融合的示意图。其中,在终端侧和 RAN 节点侧,空口无线协议栈包括 RRC 层、PDCP 层、RLC 层、MAC 层和 PHY。此外,终端侧和移动管理网元侧包括 NAS 层。终端侧外接 RDMA 硬件以实现 RDMA 协议栈, RDMA 协议栈包括传输层、网络层和链路层。

如图 8 中的 (a) 所示,为本申请提供的另一种用户面协议栈融合的示意图。其中,终端具备 RDMA 协议栈的传输层能力。终端还可以包括 RDMA 协议栈的网络层,或者, RDMA 协议栈的网络层的功能可以由终端的无线通信协议栈实现。RDMA 协议栈的链路层功能由无线通信协议栈实现。示例性的,网络层也可以替换为 IP 和 UDP 层。

在 RAN 节点和用户面网元之间,用户面协议栈包括 GTP-U、UDP/IP 层、层 2(layer 2, L2)、层 1(layer 1, L1)。RDMA 传输层报文、RDMA 网络层报文可以作为 GTP-U 净荷。可选的, RAN 节点、用户面网元或 RDMA 服务器侧具有 RDMA 协议栈的传输层和/或网络层。

如图 8 中的 (b) 所示,为本申请提供的另一种控制面协议栈融合的示意图。其中,在终端、RAN 节点或移动管理网元侧,协议栈包括 RDMA 协议栈的传输层。在终端和 RAN 节点侧,空口协议栈包括 RRC 层、PDCP 层、RLC 层、MAC 层和 PHY。此外,终端侧和移动管理网元侧包括 NAS 层。

示例性的,图 7 所示的架构可以称为 RDMA over wireless。图 8 所示的架构可以称为 RDMA in wireless。在 CU-DU 或 O-RAN 架构下, RAN 节点侧的 RDMA 协议栈,如 RDMA 传输层和/或网络层可以部署于 CU 或 O-CU。

以下对本申请提供的通信方法进行说明。如图 9 所示,为本申请提供的一种通信方法,该方法包括如下步骤:

S901、终端向移动管理网元发送第一消息。相应的,移动管理网元接收来自终端的第一消息。

其中,第一消息用于请求建立 PDU 会话。该 PDU 会话用于传输 RDMA 报文。示例性的,该第一消息为 PDU 会话建立请求消息。

其中,第一消息包括第一信息。

在第一种可能的实施方式中,第一信息用于指示该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型。RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文,第一类报文的传输优先级高于第二类报文的传输优先级。

示例性的,第一类报文为管理报文,如 SM 管理报文、CM 管理报文、SA 管理报文等 RDMA 管理报文,第二类报文为数据报文。或者,第一类报文为第一类管理报文,该第一类管理报文用于子网管理,例如第一类管理报文为 SM 管理报文,第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文。第二类管理报文为第一类管理报文之外的其他管理报文,如用于通信管理的管理报文(即 CM 管理报文)、SA 管理报文等。

示例性的,该 PDU 会话既可以传输 RDMA 的第一类报文,也可以传输 RDMA 的第二类报文。例如,第一类报文通过 PDU 会话的第一类 QoS 流传输,第二类报文通过 PDU 会话的第二类 QoS 流传输。其中,第一类 QoS 流可以包括一个或多个 QoS 流,第二类 QoS 流可以包括一个或多个 QoS 流。第一类 QoS 流包括的一个或多个 QoS 流的标识可以相同也可以不同,第二类 QoS 流包括的一个或多个 QoS 流的标识可

以相同也可以不同。

示例性的，该第一种可能的实施方式中，第一信息用于指示该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型可以理解为：该 PDU 会话将要传输的 RDMA 报文的类型，或者，该 PDU 会话建立完成后首先要传输的 RDMA 报文的类型。

作为一种可能的实现，第一信息包括 RDMA 报文的传输层标识。该传输层标识小于或等于第一数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第一类报文；该传输层标识大于第一数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第二类报文。或者，该传输层标识大于第一数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第一类报文；该传输层标识小于或等于第一数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第二类报文。此时，第一类报文对应为 RDMA 管理报文，第二类报文对应为 RDMA 数据报文。

示例性的，该传输层标识也可以称为层 4 标识。如图 10 中的 (a) 所示，传输层标识例如可以为 QPN，第一数值例如可以等于 1，即 QPN 为 0 或 1 的情况下，PDU 会话传输 RDMA 管理报文，QPN 大于 1 的情况下，PDU 会话传输 RDMA 数据报文。当然，传输层标识也可以是传输层的其他标识，第一数值也可以为其他值，本申请对此不作具体限定。

作为另一种可能的实现，第一信息包括 RDMA 报文的链路层标识。该链路层标识大于或等于第二数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第一类报文；该链路层标识小于第二数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第二类报文。或者，该传输层标识小于第二数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第一类报文；该传输层标识大于或等于第二数值的情况下，该 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为第二类报文。此时，第一类报文对应为第一类管理报文，第二类报文对应为第二类管理报文和/或数据报文。

示例性的，该链路层标识也可以称为层 2 标识。如图 10 中的 (b) 所示，链路层标识例如可以为虚通道号，第二数值可以为 15，即虚通道号大于或等于 15 的情况下，PDU 会话传输 RDMA 的第一类管理报文，虚通道号小于 15 的情况下，PDU 会话传输 RDMA 的第二类管理报文和/或数据报文。当然，链路层标识也可以是链路层的其他标识，第二数值也可以为其他值，本申请对此不作具体限定。

在第二种可能的实施方式中，第一信息用于指示该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第一类报文，不用于传输 RDMA 的第二类报文；或者，第一信息用于指示该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第二类报文，不用于传输 RDMA 的第一类报文。第一类报文的传输优先级高于第二类报文的传输优先级。

即在第二种可能的实施方式中，第一类报文和第二类报文采用不同的 PDU 会话传输。例如，第一类报文采用某个 PDU 会话的第一类 QoS 流传输，第二类报文采用另一 PDU 会话的第二类 QoS 传输。

作为一种可能的实现，第一信息包括 RDMA 报文的传输层标识。该传输层标识小于或等于第一数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第一类报文，不用于传输 RDMA 的第二类报文；该传输层标识大于第一数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第二类报文，不用于传输 RDMA 的第一类报文。或者，该传输层标识大于第一数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第一类报文，不用于传输 RDMA 的第二类报文；该传输层标识小于或等于第一数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第二类报文，不用于传输 RDMA 的第一类报文。此时，第一类报文对应为 RDMA 管理报文，第二类报文对应为 RDMA 数据报文。传输层标识和第一数值可参考上述第一种实施方式中的相关说明，在此不再赘述。

作为另一种可能的实现，第一信息包括 RDMA 报文的链路层标识。该链路层标识大于或等于第二数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第一类报文，不用于传输 RDMA 的第二类报文；该链路层标识小于第二数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第二类报文，不用于传输 RDMA 的第一类报文。或者，该链路层标识小于第二数值的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第一类报文，不用于传输 RDMA 的第二类报文；该链路层标识大于或等于的情况下，该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第二类报文，不用于传输 RDMA 的第一类报文。此时，第一类报文对应为第一类管理报文，第二类报文对应为第二类管理报文和/或数据报文。链路层标识、第二数值可参考上述第一种实施方式中的相关说明，在此不再赘述。

可选的，第一消息还包括第二信息，该第二信息指示该 PDU 会话的类别为 RDMA 会话。RDMA 会话可以理解为本申请提供的新的 PDU 会话类别，表示用于传输 RDMA 报文的 PDU 会话。RDMA 会话也可以有其他名称，如 IB 会话，该名称可以表示用于传输 RDMA 报文的 PDU 会话即可，本申请对会话名称不作具体限定。

S902、移动管理网元向会话管理网元发送第二消息。相应的，会话管理网元接收来自移动管理网元的第二消息。

其中，该第二消息包括第一信息。进一步的，第一消息包括第二信息的情况下，该第二消息还包括第二信息。

示例性的，移动管理网元可以将第一信息，或将第一信息和第二信息携带在会话管理容器中发送给会话管理网元。第二消息可以为 PDU 会话_创建会话管理上下文请求消息。

S903、会话管理网元根据第一信息确定该 PDU 会话中 QoS 流的优先级或者确定该 PDU 会话的优先级。

在第一种可能的实施方式中，第一信息用于指示 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型的情况下，会话管理网元确定该 PDU 会话中 QoS 流的优先级。示例性的，会话管理网元可以确定第一类报文通过该 PDU 会话的第一类 QoS 流传输，第二类报文通过该 PDU 会话的第二类 QoS 流传输，即第一类 QoS 流和第二类 QoS 流包含于同一 PDU 会话。此外，会话管理网元还确定第一类 QoS 流的优先级高于第二类 QoS 流的优先级。

在第二种可能的实施方式中，第一信息用于指示该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第一类报文，不用于传输 RDMA 的第二类报文；或者，第一信息用于指示该 PDU 会话用于传输 RDMA 的第二类报文，不用于传输 RDMA 的第一类报文的情况下，会话管理网元确定该 PDU 会话的优先级。

示例性的，若该 PDU 会话用于传输第一类报文，不用于传输第二类报文，会话管理网元确定该 PDU 会话的优先级为高优先级；若该 PDU 会话用于传输第二类报文，不用于传输第一类报文，会话管理网元确定该 PDU 会话的优先级为低优先级。其中，高优先级的 PDU 会话包含的 QoS 流的优先级高于低优先级的 PDU 会话包含的 QoS 流。

示例性的，在该 PDU 会话用于传输第一类报文，不用于传输第二类报文的情况下，第一类报文可以通过该 PDU 会话的第一类 QoS 流传输，第二类报文通过另一 PDU 会话的第二类 QoS 流传输；在该 PDU 会话用于传输第二类报文，不用于传输第一类报文的情况下，第二类报文可以通过该 PDU 会话的第二类 QoS 流传输，第一类报文可以通过另一 PDU 会话的第一类 QoS 流传输，即第一类 QoS 流和第二类 QoS 流包含于不同 PDU 会话，此外，第一类 QoS 流的优先级高于第二类 QoS 流的优先级。

S904、会话管理网元向移动管理网元发送第三消息。相应的，移动管理网元接收来自会话管理网元的第三消息。

其中，该第三消息为第二消息的响应消息。例如，第三消息可以为 PDU 会话_创建会话管理上下文响应消息。

示例性的，第三消息包括 PDU 会话标识、第一类 QoS 流和第二类 QoS 流的优先级（对应 S903 中第一种可能的实施方式）、PDU 会话用途或 PDU 会话的优先级（对应 S903 中第二种可能的实施方式）。

S905、N4 会话的建立/修改请求与响应。

示例性的，N4 会话可以理解为会话管理网元和用户面网元之间的会话或传输通道。会话管理网元和用户面网元之间的会话或传输通道也可以有其他名称，即 N4 会话也可以有其他名称，本申请对 N4 会话的名称不作具体限定。

作为一种可能的实现，该步骤 S905 中，会话管理网元向用户面网元发送 N4 会话建立/修改请求。该 N4 会话建立/修改请求用于向用户面网元提供该 PDU 会话所需的数据包检测、执行和报告规则，还可以提供步骤 S903 中确定的 QoS 流或 PDU 会话的优先级，并向用户面网元请求核心网隧道信息（CN Tunnel Info）。核心网隧道信息也即上行数据包的 GTP-U 隧道信息，如用户面网元侧的 GTP-U 隧道标识和用户面网元的 IP 地址信息。

用户面网元收到会话管理网元的 N4 会话建立/修改请求后，向会话管理网元发送 N4 会话建立/修改响应，其中携带 N4 会话建立结果和 CN Tunnel Info。

S906、N1N2 消息的传输（N1N2MessageTransfer）。

示例性的，N1 可以理解为终端与移动管理网元之间的接口，N2 可以理解为 RAN 节点与移动管理网元之间的接口。当然，N1、N2 也可以有其他名称，本申请对终端与移动管理网元之间的接口名称、RAN 节点与移动管理网元之间的接口名称不作具体限定。

作为一种可能的实现，会话管理网元收到 N4 会话建立/修改响应后，可以向移动管理网元发送 N1N2 消息传输请求，该请求包括发送给 RAN 节点的 N2 会话管理信息以及发送给终端的 N1 会话管理容器（container）。

示例性的, N2 会话管理信息包括 PDU 会话建立接受 (PDU Session Establishment Accept)、用户面网元为终端分配的 IP 地址等。N1 会话管理容器包括 QoS 流标识 (QoS flow identifier, QFI)、QoS 策略 (QoS Profile)、CN Tunnel Info 等。

移动管理网元收到 N1N2 消息传输请求后, 向会话管理网元发送响应, 以确认收到了该 N1N2 消息传输请求。

S907、移动管理网元向 RAN 节点发送第四消息。相应的, RAN 节点接收来自移动管理网元的第四消息。

其中, 该第四消息包括针对终端的 PDU 会话标识、PDU 会话建立接受消息 (包括 N1 会话管理容器)、以及 N2 会话管理信息。示例性的, 该第四消息可以为 N2 PDU 会话请求消息。第四消息为 NAS 消息。

S908、RAN 节点向终端发送第五消息。相应的, 终端接收来自 RAN 节点的第五消息。

其中, 第五消息用于指示接受 PDU 会话的建立。第五消息例如可以为 PDU 会话建立接受 (PDU Session Establishment Accept) 消息。第五消息包括 N1 会话容器。此外, RAN 节点还向终端发送 PDU 会话标识。

可选的, RAN 节点还为 PDU 会话分配接入网隧道信息 (AN Tunnel info)。接入网隧道信息即下行数据包的 GTP-U 隧道信息, 如 GTP-U 隧道信息和 RAN 节点的 IP 地址信息。

S909、RAN 节点向移动管理网元发送第六消息。相应的, 移动管理网元接收来自 RAN 节点的第六消息。

其中, 第六消息为第四消息的响应消息, 包括 N2 会话管理信息。该 N2 会话管理信息可以包括 PDU 会话标识和接入网隧道信息。示例性的, 第六消息可以为 N2 PDU 会话响应消息。

S910、终端与 RDMA 服务器通过 PDU 会话传输 RDMA 报文。

示例性的, 对于上述第一种可能的实施方式, 可以通过该 PDU 会话的第一类 QoS 流传输第一类报文, 通过该 PDU 会话的第二类 QoS 流传输第二类报文。对于上述第二种可能的方式, 可以通过该 PDU 会话传输第一类报文或第二类报文中的一类报文, 通过另一 PDU 会话传输另一类报文, 如通过某个 PDU 会话的第一类 QoS 流传输第一类报文, 通过另一 PDU 会话的第二类 QoS 流传输第二类报文。

在一种可能的实施方式中, 终端与 RDMA 服务器通过 PDU 会话传输 RDMA 报文时, RDMA 报文的传输路径为 RDMA 服务器→用户面网元→RAN 节点→终端。RDMA 报文到达用户面网元后, 用户面网元可以根据该 RDMA 报文的信息 (如 IP 五元组或报文类型等) 将该 RDMA 报文映射到相应 PDU 会话的相应 QoS 流传输, 如 RDMA 报文为第一类报文时, 映射到第一类 QoS 流传输, RDMA 报文为第二类报文时, 映射到第二类 QoS 流传输。

其中, QoS 流通过 QoS 流索引 (QoS flow index, QFI) 标识。策略控制功能 (policy control function, PCF) 网元/会话管理网元可以向用户面网元和/或 RAN 节点配置 QFI 对应的 QoS 模板, 该 QoS 模板用于定义 QFI 标识的 QoS 流的时延、丢包率、优先级等。示例性的, 在 5G 系统中, 该 QoS 模板也称 5G QoS 标识符 (5G QoS identifier, 5QI)。此外, 会话管理网元可以向用户面网元和/或 RAN 节点配置第一类 QoS 流包括的 QoS 流的标识和/或第二类 QoS 流包括的 QoS 流的标识。

示例性的, 用户面网元通过 GTP-U 隧道向 RAN 节点发送 QoS 流时, 可以携带 QoS 流的 QFI。RAN 节点即可通过 QFI 确定其对应的 QoS 模板以及 QoS 流类型 (第一类 QoS 流或第二类 QoS 流), 从而确定 QFI 标识的 QoS 流的优先级, 进而基于 QoS 流的优先级向终端传输 RDMA 报文, 例如优先向终端传输高优先级 QoS 流中的报文。RAN 节点通过计算无线承载 (computing radio bearer, CRB) 或数据无线承载 (data radio bearer, DRB) 向终端传输 RDMA 报文。

示例性的, CRB 可以理解为终端与 RAN 节点之间用于传输计算数据的传输通道。RAN 节点无需将通过 CRB 接收的计算数据转发至用户面网元和数据网络 (data network, DN)。在 PDCP 层, CRB 承载的计算数据可以理解为新增加的一种 PDCP data PDU, 计算数据可以交由 RAN 节点或核心网的计算资源进行进一步数据处理。在一种可能的实施方式中, 终端可以基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文, 再基于无线通信协议栈, 根据该 RDMA 报文确定第一报文, 并通过 PDU 会话向 RDMA 服务器传输第一报文。换言之, 第一报文是根据 RDMA 报文得到的。RDMA 服务器收到第一报文后, 通过 L1 和/或 L2 协议栈的处理从第一报文中解析出 RDMA 报文, 再通过 RDMA 链路层 (可选)、RDMA 网络层和 RDMA 传输层处理该 RDMA 报文。

示例性的, RDMA 协议栈包括传输层、网络层和链路层的情况下, 例如协议栈架构如图 7 所示, 基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文, 可以包括: 基于 RDMA 协议栈中的传输层, 生成传输层报文; 基于 RDMA 协议栈中的网络层, 根据该传输层报文生成网络层报文; 基于 RDMA 协议栈中的链路层, 根据网络层报文

生成链路层报文作为该 RDMA 报文。

或者, RDMA 协议栈包括传输层的情况下, 基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文, 可以包括: 基于 RDMA 协议栈中的传输层, 生成传输层报文; 根据该传输层报文确定 RDMA 报文。在 RDMA 协议栈还包括网络层的情况下, 例如协议栈架构如图 8 所示, 根据传输层报文确定 RDMA 报文, 可以包括: 基于 RDMA 协议栈中的网络层, 根据该传输层报文生成网络层报文作为 RDMA 报文。在 RDMA 协议栈不包括网络层的情况下, 根据传输层报文确定 RDMA 报文, 可以包括: 将传输层报文作为 RDMA 报文。

示例性的, 基于无线通信协议栈, 根据 RDMA 报文生成第一报文, 可以包括: 基于无线通信协议栈中的 SDAP 层或 PDCP 层, 根据 RDMA 报文生成第一报文。

在一种可能的实施方式中, RAN 节点和用户面网元之间可以建立两种 GTP-U 隧道, 一种用于传输第一类报文, 另一种用于传输第二类报文。或者, 第一类报文和第二类报文可以复用同一种 GTP-U 隧道。可参考下述图 15 或图 17 所述方法中关于 RAN 节点和用户面网元之间的 GTP-U 隧道的说明, 在此不予赘述。

上述方案中, RDMA 的管理报文和数据报文均在用户面通过 PDU 会话传输。但是管理报文(如 SM 管理报文、CM 管理报文)的传输优先级高于数据报文的传输优先级, 或者, SM 管理报文的传输优先级高于其他报文的传输优先级(如 CM 管理报文、数据报文等), 使得 SM 管理报文能够优先传输, 保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点, 提升远程内存读取性能。此外, 在无线通信系统中使用 RDMA 技术, 能够降低高速率场景下终端、RAN 节点或核心网网元的 CPU 占用率。

此外, 本申请还提供一种通信方法, 该方法中通过空口的控制面传输 RDMA 的第一类报文, 通过空口的用户面传输 RDMA 的第二类报文。如图 11 所示, 该通信方法包括如下步骤:

S1101、第一通信装置确定用于承载第一报文的第一无线承载。其中, 第一报文是根据 RDMA 报文得到的。该 RDMA 报文可以是第一类报文, 也可以是第二类报文。

其中, 第一类报文为管理报文, 如 SM 管理报文、CM 管理报文、SA 管理报文等 RDMA 管理报文, 第二类报文为数据报文。或者, 第一类报文为第一类管理报文, 该第一类管理报文用于子网管理, 例如第一类管理报文为 SM 管理报文, 第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文。第二类管理报文为第一类管理报文之外的其他管理报文, 如用于通信管理的管理报文(即 CM 管理报文)、SA 管理报文等。

其中, 上述用于生成第一报文的 RDMA 报文为第一类报文的情况下, 第一无线承载为信令无线承载(signalling radio bearer, SRB); 或者, RDMA 报文为第二类报文的情况下, 第一无线承载为 CRB 或 DRB。

也就是说, SM 管理报文、CM 管理报文等管理报文在 SRB 上发送, RDMA 的数据报文在 CRB 或 DRB 上发送。或者, SM 管理报文在 SRB 上发送, 其他管理报文(如 CM 管理报文等)和数据报文在 CRB 或 DRB 上发送。

在步骤 S1101 之前, 第一通信装置还确定第一报文。作为一种可能的实现, 第一通信装置可以为终端。第一通信装置确定第一报文, 可以包括第一通信装置生成第一报文。此时, 终端可以作为 RDMA 节点。

作为另一种可能的实现, 第一通信装置可以为 RAN 节点。第一通信装置确定第一报文, 可以包括: 第一通信装置生成第一报文; 或者第一通信装置从核心网网元(如用户名网元等)接收第一报文, 此时可以认为第一报文是核心网网元生成的。在该可能的实现中, 第一报文由 RAN 节点生成的情况下, RAN 节点可以理解为 RDMA 服务提供方, 作为 RDMA 服务器, 终端可以作为 RDMA 节点; 第一报文由核心网网元生成的情况下, 核心网网元可以理解为 RDMA 服务提供方, 作为 RDMA 服务器, 终端可以作为 RDMA 节点。

S1102、第一通信装置在第一无线承载上发送第一报文。相应的, 第二通信装置在第一无线承载上接收第一报文。

示例性的, 第一通信装置在第一无线承载上向第二通信装置发送第一报文。第一通信装置为终端的情况下, 第二通信装置可以为 RAN 节点。进一步的, 若第一报文的目的地为核心网网元, RAN 节点还向核心网网元转发第一报文; 第一通信装置为 RAN 节点的情况下, 第二通信装置可以为终端。基于该方案, 通过高优先级的控制面(如 SRB)传输 SM 管理报文或 SM、CM 等管理报文, 通过用户面(如 DRB 或 CRB)传输 RDMA 的数据报文, 使得 RDMA 的管理控制消息能够优先传输, 从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点, 提升远程内存读取性能。

在一种可能的实施方式中, 上述步骤 S1101 中, 第一通信装置为 RAN 节点, RDMA 报文是第一类管理报文, 且第一报文由 RAN 节点生成的情况下, 可以认为 RAN 节点具备子网管理器功能。第一通信装置为 RAN 节点, RDMA 报文是第一类管理报文, 且第一报文由核心网网元生成的情况下, 可以认为核心网

网元具备子网管理器功能。或者，第一通信装置为 RAN 节点，RDMA 报文是 CM 管理报文，且第一报文由 RAN 节点生成的情况下，可以认为 RAN 节点作为 RDMA 服务提供方或 RDMA 服务器。

此外，在核心网网元具备子网管理器功能的情况下，核心网网元可以通过下一代应用协议（next generation application protocol, NGAP）向 RAN 节点发送第一类管理报文。此时，RAN 节点作为 RDMA 节点。

示例性的，子网管理器功能包括以下至少一项：发现子网的物理拓扑、分配 RDMA 节点/交换机/路由器的本地标识（local identifier, LID）、建立 RDMA 节点间的潜在路径、扫描子网发现拓扑变化、管理 RDMA 节点的增加与删除等。

示例性的，第一类管理报文包括以下至少一项：用于获取或读取节点属性的信息（如 subNGet）、用于设置或写节点属性的信息（如 subNSet）、或读写请求的响应信息（如 subNGetResp）。

示例性的，节点属性用于指示以下至少一项：节点描述信息、节点信息或子网管理信息。节点信息包括以下至少一项：管理报文的版本、子网管理版本或节点类型（如信道适配器（channel adapter, CA）/交换机/路由器等）。子网管理信息包括以下至少一项：全球唯一标识（global unique identifier, GUID）、子网管理密钥、子网管理状态或优先级等。

其中，示例性的，GUID 可以指 RDMA 设备（或 RDMA 节点）的全球唯一标识，该标识由供应商在设备制造期间分配，可以作为 RDMA 设备的标识符。优先级可以指子网管理器的优先级。子网管理器的优先级可以被主（master）子网管理器配置。

示例性的，CM 管理报文可以包括以下至少一项：全局标识（Global Identifier）、传输层标识（如 QPN、QPN ID、QP Index 等）、用于 RDMA 发送的密钥、或用于 RDMA 读和/或写的密钥。例如，全局标识类似于 TCP/IP 机制中 RDMA 节点的 IP 地址，传输层标识用于指示队列对（queue pair, QP），其功能类似于 TCP/IP 的传输层端口号。

在一种可能的实施方式中，终端、RAN 节点或核心网网元生成（或确定）第一报文，可以包括：基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文；基于无线通信协议栈，根据该 RDMA 报文确定第一报文。

作为一种可能的实现，RDMA 协议栈包括传输层、网络层和链路层，例如协议栈架构如图 7 所示。此时，基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文，可以包括：基于 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；基于 RDMA 协议栈中的网络层，根据该传输层报文生成网络层报文；基于 RDMA 协议栈中的链路层，根据网络层报文生成链路层报文作为该 RDMA 报文。

该实现中，可以通过 RDMA 报文的链路层标识区分 RDMA 报文的类型。例如，RDMA 报文的链路层标识大于或等于第二数值的情况下，RDMA 报文为第一类报文；RDMA 报文的链路层标识小于第二数值的情况下，RDMA 报文的为第二类报文。或者，RDMA 报文的链路层标识小于第二数值的情况下，RDMA 报文为第一类报文；RDMA 报文的链路层标识大于或等于第二数值的情况下，RDMA 报文的为第二类报文。此时，第一类报文对应为第一类管理报文，第二类报文对应为第二类管理报文和/或数据报文。

示例性的，该链路层标识也可以称为层 2 标识。如图 12 所示，链路层标识例如可以为虚通道号，第二数值可以为 15，即虚通道号大于或等于 15 的情况下，RDMA 报文为第一类管理报文，虚通道号小于 15 的情况下，RDMA 报文为第二类管理报文和/或数据报文。当然，链路层标识也可以是链路层的其他标识，第二数值也可以为其他值，本申请对此不作具体限定。

作为另一种可能的实现，RDMA 协议栈包括传输层。此时，基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文，可以包括：基于 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；根据该传输层报文确定 RDMA 报文。

在 RDMA 协议栈还包括网络层的情况下，例如协议栈架构如图 8 所示，根据传输层报文确定 RDMA 报文，可以包括：基于 RDMA 协议栈中的网络层，根据该传输层报文生成网络层报文作为 RDMA 报文。在 RDMA 协议栈不包括网络层的情况下，根据传输层报文确定 RDMA 报文，可以包括：将传输层报文作为 RDMA 报文。

该场景下，可以通过 RDMA 报文的传输层标识区分 RDMA 报文的类型。例如，RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，RDMA 报文为第一类报文；RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，RDMA 报文为第二类报文。或者，RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，RDMA 报文为第一类报文；RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，RDMA 报文为第二类报文。此时，第一类报文对应为 RDMA 管理报文，第二类报文对应为 RDMA 数据报文。

示例性的，该传输层标识也可以称为层 4 标识。如图 13 所示，传输层标识例如可以为 QPN，第一数值可以为 1，即 QPN 为 0 或 1 的情况下，RDMA 报文为管理报文，QPN 大于 1 的情况下，RDMA 报文为

数据报文。当然，传输层标识也可以是传输层的其他标识，第一数值也可以为其他值，本申请对此不作具体限定。

作为一种可能的实现，RDMA 报文为第一类报文的情况下，基于无线通信协议栈，根据该 RDMA 报文确定第一报文，可以包括：基于无线通信协议栈中的 RRC 层或 NAS 层，根据 RDMA 报文生成第一报文。此外，第一报文携带在 RRC 容器或 NAS 容器中。

示例性的，第一报文由终端生成，且第一报文的目的地为 RAN 节点的情况下，终端基于无线通信协议栈中的 RRC 层，根据 RDMA 报文生成第一报文，第一报文携带在 RRC 容器中。第一报文由终端生成，且第一报文的目的地为核心网网元的情况下，终端基于无线通信协议栈中的 NAS 层，根据 RDMA 报文生成第一报文，第一报文携带在 NAS 容器中。

第一报文由 RAN 节点生成的情况下，RAN 节点基于无线通信协议栈中的 RRC 层，根据 RDMA 报文生成第一报文，第一报文携带在 RRC 容器中。第一报文由核心网网元生成的情况下，核心网网元基于无线通信协议栈中的 NAS 层，根据 RDMA 报文生成第一报文，第一报文携带在 NAS 容器中。

作为另一种可能的实现，RDMA 报文为第二类报文的情况下，基于无线通信协议栈，根据 RDMA 报文生成第一报文，可以包括：基于无线通信协议栈中的 SDAP 层或 PDCP 层，根据 RDMA 报文生成第一报文。

在一种可能的实施方式中，第一通信装置为终端的情况下，如图 14 所示，在步骤 S1102 之前，该方法还包括如下步骤 S1100a。进一步的，还可以包括 S1100b-S1100c。

S1100a、第一通信装置向第二通信装置发送第七消息。相应的，第二通信装置接收来自第一通信装置的第七消息。

其中，第二通信装置为 RAN 节点。第七消息用于请求建立 RRC 连接。第七消息包括请求建立 RRC 连接的原因值。

其中，RDMA 报文为第一类报文的情况下，请求建立 RRC 连接的原因值为第一原因值，第一原因值用于触发控制面传输。示例性的，第一原因值为被叫响应 (mt-access)、主叫信令接入 (mo-signaling) 或 RDMA 信令接入。

RDMA 报文为第二类报文的情况下，请求建立 RRC 连接的原因值为第二原因值，第二原因值用于触发用户面传输。示例性的，第二原因值为数据接入 (mo-data) 或 RDMA 数据接入。

示例性的，RDMA 信令接入或 RDMA 数据接入，可以理解为本申请提供的新的原因值。当然，RDMA 信令接入或 RDMA 数据接入也可以有其他名称，本申请其名称不作具体限定。

其中，可通过 RDMA 报文的传输层标识或链路层标识区分 RDMA 报文的类型，可参考前述相关说明，在此不再赘述。

S1100b、第二通信装置向第一通信装置发送第八消息。相应的，第一通信装置接收来自第二通信装置的第八消息。

其中，第八消息为第七消息的响应消息，第八消息用于 RRC 连接建立。示例性的，第八消息为 RRC 建立 (RRCSetup) 消息。

S1100c、第一通信装置向第二通信装置发送第九消息。相应的，第二通信装置接收来自第一通信装置的第九消息。

其中，第九消息用于指示 RRC 连接建立完成。示例性的，第九消息可以为 RRC 建立完成 (RRCSetupComplete) 消息。

可选的，在步骤 S1100c 之后，终端和 RAN 节点之间的 RRC 连接建立完成，终端即可通过第一无线承载向 RAN 节点发送第一报文。

基于上述方案，RDMA 报文为第一类报文的情况下，终端在 RRC 连接建立请求中携带用于触发控制面传输的第一原因值，RDMA 报文的第二类报文的情况下，终端在 RRC 连接建立请求中携带用于触发用户面传输的第二原因值，从而使得在 RDMA 报文为第一类报文的情况下，能够进行控制面传输，通过 SRB 承载第一类报文；以及使得在 RDMA 报文为第二类报文的情况下，能够进行用户面传输，通过 CRB 或 DRB 承载第二报文。最终使得 RDMA 的管理控制消息能够优先传输，从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。

除上述方法外，本申请还提供一种通信方法，该通信方法用于实现 RDMA 数据报文和用于通信管理的管理报文在核心网网元（如用户面网元）和 RAN 节点之间的下行传输。如图 15 所示，该通信方法包括如下步骤：

S1501、核心网网元确定第二报文。

其中，第二报文是基于 RDMA 报文得到的。该 RDMA 报文可以是第二类管理报文，也可以是数据报文。第二类管理报文用于通信管理，如第二类管理报文为 CM 管理报文。

可选的，该核心网网元可以作为 RDMA 服务提供方，或者 RDMA 服务器，或者 RDMA 节点。该核心网网元可以是用户面网元，或者可以是能够实现用户面功能的网元。基于 RDMA 报文得到第二报文的实现可参考上述基于 RDMA 报文确定第一报文的实现，在此不再赘述。

S1502、核心网网元通过 GTP-U 隧道发送第二报文。相应的，RAN 节点通过 GTP-U 隧道接收第二报文。

作为一种可能的实现，用于生成第二报文的 RDMA 报文为第二类管理报文的情况下，该 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道；用于生成第二报文的 RDMA 报文为数据报文的情况下，该 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

其中，第一 GTP-U 隧道和第二 GTP-U 隧道不同。即，该核心网网元和 RAN 节点之间建立两类 GTP-U 隧道，如 GTP-U 隧道 1 和 GTP-U 隧道 2，分别用于传输 RDMA 的第二类管理报文和数据报文，例如图 16 所示。

示例性的，第一 GTP-U 隧道的类型为第一类型，第一类型的 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的第二类管理报文。第二 GTP-U 隧道的类型为第二类型，第二类型的 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的数据报文。

或者，第一 GTP-U 隧道的标识与第二类管理报文应，第一 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的第二类管理报文。第二 GTP-U 隧道的标识与数据报文对应，第二 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的数据报文。

核心网网元可以维护 GTP-U 隧道的类型或 GTP-U 隧道标识与 RDMA 报文类型的对应关系，从而在发送报文时，基于 GTP-U 隧道的类型或该对应关系选择与 RDMA 报文类型相应的 GTP-U 隧道以发送报文。

作为另一种可能的实现，无论用于生成第二报文的 RDMA 报文为第二类管理报文还是数据报文，核心网网元均通过同一 GTP-U 隧道发送第二报文。即 RDMA 的第二类管理报文和数据报文复用同一个 GTP-U 隧道。

S1503、RAN 节点在第二无线承载上发送第二报文。相应的，终端在第二无线承载上发送第二报文。

其中，用于生成第二报文的 RDMA 报文为第二类管理报文的情况下，第二无线承载为 SRB；该 RDMA 报文为数据报文的情况下，第二无线承载为 CRB 或 DRB。此外，终端可以作为 RDMA 节点。

作为一种可能的实现，RAN 节点可以通过接收第二报文的 GTP-U 隧道确定用于生成第二报文的 RDMA 报文是第二类管理报文还是数据报文。示例性的，该 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道的情况下，该 RDMA 报文为第二类管理报文；或者，该 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道的情况下，该 RDMA 报文为数据报文。

示例性的，RAN 节点可以维护 GTP-U 隧道的类型或 GTP-U 隧道标识与 RDMA 报文类型的对应关系，从而在通过 GTP-U 隧道接收第二报文后，可以根据该 GTP-U 隧道的类型或者该 GTP-U 隧道对应的 RDMA 报文的类型，确定用于生成第二报文的 RDMA 报文为第二类管理报文和/或数据报文。

作为另一种可能的实现，在第二类管理报文和数据报文复用 GTP-U 隧道的情况下，RAN 节点可以基于生成第二报文的 RDMA 报文的传输层标识确定该 RDMA 报文是第二类管理报文还是数据报文。

例如，该 RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，该 RDMA 报文为第二类管理报文；或者，RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，该 RDMA 报文为数据报文。示例性的，该传输层标识也可以称为层 4 标识。传输层标识例如可以为 QPN，第一数值可以为 1。当然，传输层标识也可以是传输层的其他标识，第一数值也可以为其他值，本申请对此不作具体限定。

本申请还提供一种通信方法，该通信方法用于实现 RDMA 数据报文和用于通信管理的管理报文在核心网网元（如用户面网元）和 RAN 节点之间的上行传输。如图 17 所示，该通信方法包括如下步骤：

S1701、终端确定第三报文。

其中，第三报文是基于 RDMA 报文得到的。该 RDMA 报文可以是第二类管理报文，也可以是数据报文。第二类管理报文用于通信管理，如第二类管理报文为 CM 管理报文。基于 RDMA 报文得到第三报文的实现可参考上述基于 RDMA 报文确定第一报文的实现，在此不再赘述。

S1702、终端在第三无线承载上发送第三报文。相应的，RAN 节点在第三无线承载上接收第三报文。

其中，用于生成第三报文的 RDMA 报文为第二类管理报文的情况下，第三无线承载为 SRB；该 RDMA 报文为数据报文的情况下，第三无线承载为 CRB 或 DRB。

S1703、RAN 节点通过 GTP-U 隧道发送第三报文。相应的，核心网网元通过 GTP-U 隧道接收第三报文。

作为一种可能的实现，用于生成第三报文的 RDMA 报文为第二类管理报文的情况下，该 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道；用于生成第三报文的 RDMA 报文为数据报文的情况下，该 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

其中，第一 GTP-U 隧道和第二 GTP-U 隧道不同。可参考上述步骤 S1502 中的相关说明，在此不再赘述。

示例性的，RAN 节点可以维护 GTP-U 隧道的类型或 GTP-U 隧道标识与 RDMA 报文类型的对应关系，从而基于 GTP-U 隧道的类型或该对应关系选择与 RDMA 报文类型相应的 GTP-U 隧道以发送第三报文。

作为另一种可能的实现，无论用于生成第三报文的 RDMA 报文为第二类管理报文还是数据报文，RAN 节点均通过同一 GTP-U 隧道发送第三报文。即 RDMA 的第二类管理报文和数据报文复用同一个 GTP-U 隧道。

可选的，RAN 节点可以基于生成第三报文的 RDMA 报文的传输层标识确定该 RDMA 报文是第二类管理报文还是数据报文。例如，该 RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，该 RDMA 报文为第二类管理报文；或者，RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，该 RDMA 报文为数据报文。可参考上述步骤 S1503 中的相关说明，在此不再赘述。

基于上述方案，通过高优先级的控制面（如 SRB）传输 CM 管理报文，通过用户面（如 DRB 或 SRB）传输 RDMA 的数据报文，使得 RDMA 的 CM 控制消息能够优先传输，从而保证 RDMA 的控制信息能够及时传输给 RDMA 节点，提升远程内存读取性能。此外，RAN 节点和核心网网元之间可以分别建立用于传输 CM 管理报文和数据报文的 GTP-U 隧道，使得二者可以采用不同的 GTP-U 隧道传输；或者，CM 管理报文和数据报文可以复用 RAN 节点和核心网网元之间的 GTP-U 隧道，降低 RAN 节点与核心网网元之间建立隧道的复杂度和开销。

在一种可能的实施方式中，上述图 15 或图 17 所示的方法可以应用于终端和核心网网元之间进行 RDMA CM 的握手建链流程，该握手建链流程可以用于终端和核心网网元交互 QPC。示例性的，在 RAN 节点和核心网网元之间分别建立用于传输第二类管理报文和数据报文的 GTP-U 隧道的情况下，如图 18 所示，3 次握手建链流程包括如下步骤：

S1801、终端向 RAN 节点发送连接请求（ConnectRequest）。相应的，RAN 节点接收来自终端的连接请求，并向核心网网元发送该连接请求。核心网网元接收该连接请求。

其中，终端向 RAN 节点发送的连接请求可以承载于 SRB。RAN 节点可以通过第一 GTP-U 隧道向核心网网元发送该连接请求。

S1802、核心网网元向 RAN 节点发送连接回复（ConnectReply）。相应的，RAN 节点接收来自核心网网元的连接回复，并向终端发送该连接回复。

其中，核心网网元可以通过第一 GTP-U 隧道向 RAN 节点发送连接回复。RAN 节点可以将该连接回复映射于 SRB 并向终端发送。

示例性的，连接回复可以包括以下至少一项：全局标识（Global Identifier）、传输层标识（如 QPN、QPN ID、QP Index 等）、用于 RDMA 发送的密钥、或用于 RDMA 读和/或写的密钥。

S1803、终端向 RAN 节点发送通知信息。相应的，RAN 节点接收来自终端的通知信息，并向核心网网元发送该通知信息。核心网网元接收该通知信息。

其中，该通知信息例如可以为准备使用（ReadyToUse）。通知信息可以用于指示同意上述连接回复中携带的参数。

可选的，在步骤 S1803 之后，终端和核心网网元即可进行数据交互。在进行数据交互时，RDMA 的数据报文在空口承载于 CRB 或 DRB，在 RAN 节点和核心网网元之间通过第二 GTP-U 隧道传输。

示例性的，在 RAN 节点和核心网网元之间分别建立用于传输第二类管理报文和数据报文的 GTP-U 隧道的情况下，如图 19 所示，2 次握手建链流程包括如下步骤：

S1901、终端向 RAN 节点发送服务 ID 解析请求（Service ID Resolution Request）。相应的，RAN 节点接收来自终端的服务 ID 解析请求，并向核心网网元发送该服务 ID 请求。核心网网元接收该服务 ID 解析请求。

其中，终端向 RAN 节点发送的服务 ID 解析请求可以承载于 SRB。RAN 节点可以通过第一 GTP-U 隧道向核心网网元发送该服务 ID 解析请求。

S1902、核心网网元向 RAN 节点发送服务 ID 解析响应 (Service ID Resolution Response)。相应的, RAN 节点接收来自核心网网元的服务 ID 解析响应, 并向终端发送该服务 ID 解析响应。

其中, 核心网网元可以通过第一 GTP-U 隧道向 RAN 节点发送服务 ID 解析响应。RAN 节点可以将该连接服务 ID 解析响应映射于 SRB 并向终端发送。

示例性的, 服务 ID 解析响应可以包括以下至少一项: 全局标识 (Global Identifier)、传输层标识 (如 QPN、QPN ID、QP Index 等)、用于 RDMA 发送的密钥、或用于 RDMA 读和/或写的密钥。

可选的, 在步骤 S1902 之后, 终端和核心网网元即可进行数据交互。在进行数据交互时, RDMA 的数据报文在空口承载于 CRB 或 DRB, 在 RAN 节点和核心网网元之间通过第二 GTP-U 隧道传输。

示例性的, 如图 20 所示, 在第二类管理报文和数据报文复用 GTP-U 隧道的情况下, 3 次握手建链流程与图 18 类似, 区别在于: RAN 节点和核心网网元之间的传输通过第二类管理报文和数据报文复用的 GTP-U 隧道进行。类似的, 如图 21 所示, 2 次握手建立流程与图 19 类似, 区别在于: RAN 节点和核心网网元之间的传输通过第二类管理报文和数据报文复用的 GTP-U 隧道进行。

在一种可能的实施方式中, RAN 节点作为 RDMA 服务提供方, 或者 RDMA 服务器, 或者 RDMA 节点的情况下, 上述图 15-图 21 所示的方法中, RAN 节点和核心网设备之间的交互可以不执行, 终端和 RAN 节点之间的交互仍然适用。

以上对本申请提供的方法进行了说明, 此外, 本申请还提供通信装置用于实现上述方法实施例中所说的功能。

可以理解的是, 该通信装置为了实现上述功能, 其包含了执行各个功能相应的硬件结构和/或软件模块。本领域技术人员应该很容易意识到, 结合本文中所公开的实施例描述的各示例的单元及算法步骤, 本申请能够以硬件或硬件和计算机软件的结合形式来实现。某个功能究竟以硬件还是计算机软件驱动硬件的方式来执行, 取决于技术方案的特定应用和设计约束条件。专业技术人员可以对每个特定的应用来使用不同方法来实现所描述的功能, 但是这种实现不应认为超出本申请的范围。

本申请实施例可以根据上述方法实施例对通信装置进行功能模块的划分, 例如, 可以对应各个功能划分各个功能模块, 也可以将两个或两个以上的功能集成在一个处理模块中。上述集成的模块既可以采用硬件的形式实现, 也可以采用软件功能模块的形式实现。需要说明的是, 本申请实施例中对模块的划分是示意性的, 仅仅为一种逻辑功能划分, 实际实现时可以有另外的划分方式。

通信装置图 22 示出了一种通信装置 220 的结构示意图。该通信装置 220 包括处理模块 2201 和收发模块 2202。该通信装置 220 可以用于实现上述终端或 RAN 节点或核心网网元的功能。

在一些实施例中, 该通信装置 220 还可以包括存储模块 (图 22 中未示出), 用于存储程序指令和数据。

在一些实施例中, 收发模块 2202, 也可以称为收发单元用以实现发送和/或接收功能。该收发模块 2202 可以由收发电路、收发机、收发器或者通信接口构成。

在一些实施例中, 收发模块 2202, 可以包括接收模块和发送模块, 分别用于执行上述方法实施例中由终端或 RAN 节点或核心网网元执行的接收和发送类的步骤, 和/或用于支持本文所描述的技术的其它过程; 处理模块 2201, 可以用于执行上述方法实施例中由终端或 RAN 节点或核心网网元执行的处理类的步骤, 和/或用于支持本文所描述的技术的其它过程。

在该通信装置 220 用于实现终端的功能时:

收发模块 2202, 用于发送第一消息, 第一消息用于请求建立协议数据单元 PDU 会话, PDU 会话用于传输远程直接内存访问 RDMA 报文。收发模块 2202, 还用于接收第二消息, 第二消息用于指示接受 PDU 会话的建立。其中, 第一消息包括第一信息, 第一信息用于指示 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型, RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文, 第一类报文的传输优先级高于第二类报文的传输优先级。其中, 第一类报文为管理报文, 第二类报文为数据报文, 或者, 第一类报文为第一类管理报文, 第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文, 第一类管理报文用于子网管理。

在该通信装置 220 用于实现 RAN 节点的功能时, 在一种可能的实施方式中:

收发模块 2202, 用于接收第一消息, 第一消息用于请求建立协议数据单元 PDU 会话, PDU 会话用于传输远程直接内存访问 RDMA 报文。收发模块 2202, 还用于发送第二消息, 第二消息用于指示接受 PDU 会话的建立。其中, 第一消息包括第一信息, 第一信息用于指示 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型, RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文, 第一类报文的传输优先级高于第二类报文的传输优先级。其中, 第一类报文为管理报文, 第二类报文为数据报文, 或者, 第一类报文为第一类管理报文, 第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文, 第一类管理报文用于子网管理。

在另一种可能的实施方式中：

收发模块 2202，用于通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道接收第一报文，该第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；收发模块 2202，还用于在第一无线承载上发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，第一无线承载为信令无线承载 SRB，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。

在又一种可能的实施方式中：

收发模块 2202，用于在第一无线承载上接收第一报文，第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；收发模块 2202，还用于通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，第一无线承载为信令无线承载 SRB，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。

在该通信装置 220 用于实现第一通信装置的功能，第一通信装置为终端或 RAN 节点时：

处理模块 2201，用于确定用于承载第一报文的第一无线承载，该第一报文是根据远程直接内存访问 RDMA 报文得到的。收发模块 2202，用于在第一无线承载上发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类报文的情况下，第一无线承载为信令无线承载 SRB，或者，RDMA 报文为第二类报文的情况下，第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。其中，第一类报文为管理报文，第二类报文为数据报文，或者，第一类报文为第一类管理报文，第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，第一类管理报文用于子网管理。

可选的，处理模块 2201，还用于基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文；处理模块 2201，还用于基于无线通信协议栈，根据 RDMA 报文确定第一报文。

可选的，RDMA 协议栈包括传输层、网络层和链路层。处理模块 2201，用于基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文，包括：处理模块 2201，用于基于 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；处理模块 2201，还用于基于 RDMA 协议栈中的网络层，根据传输层报文生成网络层报文；处理模块 2201，还用于基于 RDMA 协议栈中的链路层，根据网络层报文生成链路层报文作为 RDMA 报文。

可选的，RDMA 协议栈包括传输层。处理模块 2201，用于基于 RDMA 协议栈生成 RDMA 报文，包括：处理模块 2201，用于基于 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；处理模块 2201，还用于根据传输层报文确定 RDMA 报文。

可选的，处理模块 2201，用于根据传输层报文确定 RDMA 报文，包括：处理模块 2201，用于将传输层报文作为 RDMA 报文；或者，处理模块 2201，用于基于 RDMA 协议栈中的网络层，根据传输层报文生成网络层报文作为 RDMA 报文。

可选的，收发模块 2202，还用于发送第一消息，第一消息用于请求建立 RRC 连接，第一消息包括请求建立 RRC 连接的原因值。其中，RDMA 报文为第一类报文的情况下，原因值为第一原因值，第一原因值用于触发控制面传输；RDMA 报文为第二类报文的情况下，原因值为第二原因值，第二原因值用于触发用户面传输。

在该通信装置 220 用于实现核心网网元的功能时，在一种可能的实施方式中：

处理模块 2201，用于确定第一报文，第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；收发模块 2202，用于通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道发送第一报文。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

在另一种可能的实施方式中：

收发模块 2202，用于通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道接收第一报文，第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的。其中，RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道，第一类管理报文用于通信管理；或者，RDMA 报文为数据报文的情况下，GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

其中，上述方法实施例涉及的各步骤的所有相关内容均可以援引到对应功能模块的功能描述，在此不再赘述。

在本申请中，该通信装置 220 可以采用集成的方式划分各个功能模块的形式来呈现。这里的“模块”可以指特定专用集成电路（application-specific integrated circuit, ASIC），电路，执行一个或多个软件或固件程序的处理器和存储器，集成逻辑电路，和/或其他可以提供上述功能的器件。

在一些实施例中，当图 22 中的通信装置 220 是芯片或芯片系统时，收发模块 2202 的功能/实现过程可以通过芯片或芯片系统的输入输出接口（或通信接口）实现，处理模块 2201 的功能/实现过程可以通过芯片或芯片系统的处理器（或者处理电路）实现。

由于本实施例提供的通信装置 220 可执行上述方法，因此其所能获得的技术效果可参考上述方法实施例，在此不再赘述。

作为一种可能的产品形态，本申请实施例所述的终端或 RAN 节点或核心网网元，可以使用下述来实现：一个或多个现场可编程门阵列（field programmable gate array, FPGA）、可编程逻辑器件（programmable logic device, PLD）、控制器、状态机、门逻辑、分立硬件部件、任何其它适合的电路、或者能够执行本申请通篇所描述的各种功能的电路的任意组合。

作为另一种可能的产品形态，本申请实施例所述的终端或 RAN 节点，可以由一般性的总线体系结构来实现。为了便于说明，参见图 23，图 23 是本申请实施例提供的通信装置 2300 的结构示意图，该通信装置 2300 包括处理器 2301 和收发器 2302。该通信装置 2300 可以为终端，或其中的芯片或芯片系统；或者，该通信装置 2300 可以为 RAN 节点，或其中的芯片或模块。图 23 仅示出了通信装置 2300 的主要部件。除处理器 2301 和收发器 2302 之外，所述通信装置还可以进一步包括存储器 2303、以及输入输出装置（图未示意）。

可选的，处理器 2301 主要用于对通信协议以及通信数据进行处理，以及对整个通信装置进行控制，执行软件程序，处理软件程序的数据，从而实现上述方法实施例中提供的方法。存储器 2303 主要用于存储软件程序和数据。收发器 2302 可以包括射频电路和天线，射频电路主要用于基带信号与射频信号的转换以及对射频信号的处理。天线主要用于收发电磁波形式的射频信号。输入输出装置，例如触摸屏、显示屏，键盘等主要用于接收用户输入的数据以及对用户输出数据。

可选的，处理器 2301、收发器 2302、以及存储器 2303 可以通过通信总线连接。

当通信装置开机后，处理器 2301 可以读取存储器 2303 中的软件程序，解释并执行软件程序的指令，处理软件程序的数据。当需要通过无线发送数据时，处理器 2301 对待发送的数据进行基带处理后，输出基带信号至射频电路，射频电路将基带信号进行射频处理后将射频信号通过天线以电磁波的形式向外发送。当有数据发送到通信装置时，射频电路通过天线接收到射频信号，将射频信号转换为基带信号，并将基带信号输出至处理器 2301，处理器 2301 将基带信号转换为数据并对该数据进行处理。

在另一种实现中，所述的射频电路和天线可以独立于进行基带处理的处理器而设置，例如在分布式场景中，射频电路和天线可以与独立于通信装置，呈拉远式的布置。

在一些实施例中，在硬件实现上，本领域的技术人员可以想到上述通信装置 220 可以采用图 23 所示的通信装置 2300 的形式。

作为一种示例，图 22 中的处理模块 2201 的功能/实现过程可以通过图 23 所示的通信装置 2300 中的处理器 2301 调用存储器 2303 中存储的计算机执行指令来实现。图 22 中的收发模块 2202 的功能/实现过程可以通过图 23 所示的通信装置 2300 中的收发器 2302 来实现。

作为又一种可能的产品形态，本申请中的终端或 RAN 节点或核心网网元可以采用图 24 所示的组成结构，或者包括图 24 所示的部件。图 24 为本申请提供的一种通信装置 2400 的组成示意图，该通信装置 2400 可以为终端或者终端中的芯片或者片上系统；或者，可以为 RAN 节点或者 RAN 节点中的模块或芯片或片上系统；或者，可以为核心网网元或核心网网元中的模块或芯片或片上系统。

如图 24 所示，该通信装置 2400 包括至少一个处理器 2401，以及至少一个通信接口（图 24 中仅是示例性的以包括一个通信接口 2404，以及一个处理器 2401 为例进行说明）。可选的，该通信装置 2400 还可以包括通信总线 2402 和存储器 2403。

处理器 2401 可以是一个通用中央处理器（central processing unit, CPU）、通用处理器、网络处理器（network processor, NP）、数字信号处理器（digital signal processing, DSP）、微处理器、微控制器、PLD 或它们的任意组合。处理器 2401 还可以是其它具有处理功能的装置，例如电路、器件或软件模块，不予限制。

通信总线 2402 用于连接通信装置 2400 中的不同组件，使得不同组件可以通信。通信总线 2402 可以是外设部件互连标准（peripheral component interconnect, PCI）总线或扩展工业标准结构（extended industry standard architecture, EISA）总线等。该总线可以分为地址总线、数据总线、控制总线等。为便于表示，图 24 中仅用一条粗线表示，但并不表示仅有一根总线或一种类型的总线。

通信接口 2404，用于与其他设备或通信网络通信。示例性的，通信接口 2404 可以模块、电路、收发

器或者任何能够实现通信的装置。可选的，所述通信接口 2404 也可以是位于处理器 2401 内的输入输出接口，用以实现处理器的信号输入和信号输出。

存储器 2403，可以是具有存储功能的装置，用于存储指令和/或数据。其中，指令可以是计算机程序。

示例性的，存储器 2403 可以是只读存储器（read-only memory，ROM）或可存储静态信息和/或指令的其他类型的静态存储设备，也可以是随机存取存储器（random access memory，RAM）或可存储信息和/或指令的其他类型的动态存储设备，还可以是电可擦可编程只读存储器（electrically erasable programmable read-only memory，EEPROM）、只读光盘（compact disc read-only memory，CD-ROM）或其他光盘存储、光碟存储（包括压缩光碟、激光碟、光碟、数字通用光碟、蓝光光碟等）、磁盘存储介质或其他磁存储设备等，不予限制。

需要指出的是，存储器 2403 可以独立于处理器 2401 存在，也可以和处理器 2401 集成在一起。存储器 2403 可以位于通信装置 2400 内，也可以位于通信装置 2400 外，不予限制。处理器 2401，可以用于执行存储器 2403 中存储的指令，以实现本申请下述实施例提供的方法。

作为一种可选的实现方式，通信装置 2400 还可以包括输出设备 2405 和输入设备 2406。输出设备 2405 和处理器 2401 通信，可以以多种方式来显示信息。例如，输出设备 2405 可以是液晶显示器（liquid crystal display，LCD），发光二极管（light emitting diode，LED）显示设备，阴极射线管（cathode ray tube，CRT）显示设备，或投影仪（projector）等。输入设备 2406 和处理器 2401 通信，可以以多种方式接收用户的输入。例如，输入设备 2406 可以是鼠标、键盘、触摸屏设备或传感设备等。

在一些实施例中，在硬件实现上，本领域的技术人员可以想到上述图 22 所示的通信装置 220 可以采用图 24 所示的通信装置 2400 的形式。

作为一种示例，图 22 中的处理模块 2201 的功能/实现过程可以通过图 24 所示的通信装置 2400 中的处理器 2401 调用存储器 2403 中存储的计算机执行指令来实现。图 22 中的收发模块 2202 的功能/实现过程可以通过图 24 所示的通信装置 2400 中的通信接口 2404 来实现。

需要说明的是，图 24 所示的结构并不构成对终端或 RAN 节点的具体限定。比如，在本申请另一些实施例中，终端或 RAN 节点可以包括比图示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者拆分某些部件，或者不同的部件布置。图示的部件可以以硬件，软件或软件和硬件的组合实现。

在一些实施例中，本申请实施例还提供一种通信装置，该通信装置包括处理器，用于实现上述任一方法实施例中的方法。

作为一种可能的实现方式，该通信装置还包括存储器。该存储器，用于保存必要的计算机程序和数据。该计算机程序可以包括指令，处理器可以调用存储器中存储的计算机程序中的指令以指令该通信装置执行上述任一方法实施例中的方法。当然，存储器也可以不在该通信装置中。

作为另一种可能的实现方式，该通信装置还包括接口电路，该接口电路为代码/数据读写接口电路，该接口电路用于接收计算机执行指令（计算机执行指令存储在存储器中，可能直接从存储器读取，或可能经过其他器件）并传输至该处理器。

作为又一种可能的实现方式，该通信装置还包括通信接口，该通信接口用于与该通信装置之外的模块通信。

可以理解的是，该通信装置可以是芯片或芯片系统，该通信装置是芯片系统时，可以由芯片构成，也可以包含芯片和其他分立器件，本申请实施例对此不作具体限定。

本申请还提供了一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机程序或指令，该计算机程序或指令被计算机执行时实现上述任一方法实施例的功能。

本申请还提供了一种计算机程序产品，该计算机程序产品被计算机执行时实现上述任一方法实施例的功能。

本领域普通技术人员可以理解，为描述的方便和简洁，上述描述的系统、装置和单元的具体工作过程，可以参考前述方法实施例中的对应过程，在此不再赘述。

可以理解，本申请中描述的系统、装置和方法也可以通过其它的方式实现。例如，以上所描述的装置实施例仅仅是示意性的，例如，所述单元的划分，仅仅为一种逻辑功能划分，实际实现时可以有另外的划分方式，例如多个单元或组件可以结合或者可以集成到另一个系统，或一些特征可以忽略，或不执行。另一点，所显示或讨论的相互之间的耦合或直接耦合或通信连接可以是通过一些接口，装置或单元的间接耦合或通信连接，可以是电性，机械或其它的形式。

所述作为分离部件说明的单元可以是或者也可以不是物理上分开的，即可以位于一个地方，或者也可

以分布到多个网络单元上。作为单元显示的部件可以是或者也可以不是物理单元。可以根据实际的需要选择其中的部分或者全部单元来实现本实施例方案的目的。

另外，本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理单元中，也可以是各个单元单独物理存在，也可以两个或两个以上单元集成在一个单元中。

在上述实施例中，可以全部或部分地通过软件、硬件、固件或者其任意组合来实现。当使用软件程序实现时，可以全部或部分地以计算机程序产品的形式来实现。该计算机程序产品包括一个或多个计算机指令。在计算机上加载和执行计算机程序指令时，全部或部分地产生按照本申请实施例所述的流程或功能。所述计算机可以是通用计算机、专用计算机、计算机网络、或者其他可编程装置。所述计算机指令可以存储在计算机可读存储介质中，或者从一个计算机可读存储介质向另一个计算机可读存储介质传输，例如，所述计算机指令可以从一个网站站点、计算机、服务器或者数据中心通过有线（例如同轴电缆、光纤、数字用户线（digital subscriber line, DSL））或无线（例如红外、无线、微波等）方式向另一个网站站点、计算机、服务器或数据中心进行传输。所述计算机可读存储介质可以是计算机能够存取的任何可用介质或者是包含一个或多个可以用介质集成的服务器、数据中心等数据存储设备。所述可用介质可以是磁性介质（例如，软盘、硬盘、磁带），光介质（例如，DVD）、或者半导体介质（例如固态硬盘（solid state drive, SSD））等。本申请实施例中，计算机可以包括前面所述的装置。

尽管在此结合各实施例对本申请进行了描述，然而，在实施所要求保护的本申请过程中，本领域技术人员通过查看所述附图、公开内容、以及所附权利要求书，可理解并实现所述公开实施例的其他变化。在权利要求中，“包括”（comprising）一词不排除其他组成部分或步骤，“一”或“一个”不排除多个的情况。单个处理器或其他单元可以实现权利要求中列举的若干项功能。相互不同的从属权利要求中记载了某些措施，但这并不表示这些措施不能组合起来产生良好的效果。

尽管结合具体特征及其实施例对本申请进行了描述，显而易见的，在不脱离本申请的范围的情况下，可对其进行各种修改和组合。相应地，本说明书和附图仅仅是所附权利要求所界定的本申请的示例性说明，且视为已覆盖本申请范围内的任意和所有修改、变化、组合或等同物。显然，本领域的技术人员可以对本申请进行各种改动和变型而不脱离本申请的范围。这样，倘若本申请的这些修改和变型属于本申请权利要求及其等同技术的范围之内，则本申请也意图包含这些改动和变型在内。

权 利 要 求 书

1. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

发送第一消息，所述第一消息用于请求建立协议数据单元 PDU 会话，所述 PDU 会话用于传输远程直接内存访问 RDMA 报文，所述第一消息包括第一信息，所述第一信息用于指示所述 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型，所述 RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文，所述第一类报文的传输优先级高于所述第二类报文的传输优先级；其中，所述第一类报文为管理报文，所述第二类报文为数据报文，或者，所述第一类报文为第一类管理报文，所述第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，所述第一类管理报文用于子网管理；

接收第二消息，所述第二消息用于指示接受所述 PDU 会话的建立。

2. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

接收第一消息，所述第一消息用于请求建立协议数据单元 PDU 会话，所述 PDU 会话用于传输远程直接内存访问 RDMA 报文，所述第一消息包括第一信息，所述第一信息用于指示所述 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型，所述 RDMA 报文的类型包括第一类报文和第二类报文，所述第一类报文的传输优先级高于所述第二类报文的传输优先级；其中，所述第一类报文为管理报文，所述第二类报文为数据报文，或者，所述第一类报文为第一类管理报文，所述第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，所述第一类管理报文用于子网管理；

发送第二消息，所述第二消息用于指示接受所述 PDU 会话的建立。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，

所述第一类报文通过所述 PDU 会话的第一类服务质量 QoS 流传输，所述第二类报文通过所述 PDU 会话的第二类 QoS 流传输，所述第一类 QoS 流的优先级高于所述第二类 QoS 流的优先级。

4. 根据权利要求 1-3 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一消息还包括第二信息，所述第二信息用于指示所述 PDU 会话的类别为 RDMA 会话。

5. 根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一信息包括 RDMA 报文的传输层标识；

所述传输层标识小于或等于第一数值的情况下，所述 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为所述管理报文；

所述传输层标识大于第一数值的情况下，所述 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为所述数据报文。

6. 根据权利要求 1-4 任一项所述的方法，其特征在于，所述第一信息包括 RDMA 报文的链路层标识；

所述链路层标识大于或等于第二数值的情况下，所述 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为所述第一类管理报文；

所述链路层标识小于第二数值的情况下，所述 PDU 会话传输的 RDMA 报文的类型为所述第二类管理报文和/或所述数据报文。

7. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

确定用于承载第一报文的第一无线承载，所述第一报文是根据远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；

在所述第一无线承载上发送所述第一报文；所述 RDMA 报文为第一类报文的情况下，所述第一无线承载为信令无线承载 SRB，或者，所述 RDMA 报文为第二类报文的情况下，所述第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB；其中，所述第一类报文为管理报文，所述第二类报文为数据报文，或者，所述第一类报文为第一类管理报文，所述第二类报文包括第二类管理报文和/或数据报文，所述第一类管理报文用于子网管理。

8. 根据权利要求 7 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

基于 RDMA 协议栈生成所述 RDMA 报文；

基于无线通信协议栈，根据所述 RDMA 报文确定所述第一报文。

9. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述 RDMA 协议栈包括传输层、网络层和链路层；所述基于 RDMA 协议栈生成所述 RDMA 报文，包括：

基于所述 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；

基于所述 RDMA 协议栈中的网络层，根据所述传输层报文生成网络层报文；

基于所述 RDMA 协议栈中的链路层，根据所述网络层报文生成链路层报文作为所述 RDMA 报文。

10. 根据权利要求 7-9 任一项所述的方法，其特征在于，所述 RDMA 报文的链路层标识大于或等于第二数值的情况下，所述 RDMA 报文为所述第一类管理报文；

所述 RDMA 报文的链路层标识小于第二数值的情况下，所述 RDMA 报文为所述第二类管理报文和/或

数据报文。

11. 根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述 RDMA 协议栈包括传输层，所述基于 RDMA 协议栈生成所述 RDMA 报文，包括：

基于所述 RDMA 协议栈中的传输层，生成传输层报文；

根据所述传输层报文确定所述 RDMA 报文。

12. 根据权利要求 11 所述的方法，其特征在于，所述根据所述传输层报文确定所述 RDMA 报文，包括：

将所述传输层报文作为所述 RDMA 报文；或者，

基于所述 RDMA 协议栈中的网络层，根据所述传输层报文生成网络层报文作为所述 RDMA 报文。

13. 根据权利要求 7、8、11 或 12 任一项所述的方法，其特征在于，

所述 RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，所述 RDMA 报文为所述管理报文；或者，

所述 RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，所述 RDMA 报文为所述数据报文。

14. 根据权利要求 7-13 任一项所述的方法，其特征在于，所述 RDMA 报文为所述第一类报文的情况下，所述第一报文携带在无线资源控制 RRC 容器或非接入层 NAS 容器中。

15. 根据权利要求 7-14 任一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

发送第一消息，所述第一消息用于请求建立 RRC 连接，所述第一消息包括请求建立 RRC 连接的原因值；

其中，所述 RDMA 报文为所述第一类报文的情况下，所述原因值为第一原因值，所述第一原因值用于触发控制面传输；所述 RDMA 报文为所述第二类报文的情况下，所述原因值为第二原因值，所述第二原因值用于触发用户面传输。

16. 根据权利要求 15 所述的方法，其特征在于，

所述第一原因值为被叫响应、主叫信令接入或 RDMA 信令接入中的至少一项，和/或，所述第二原因值为数据接入或 RDMA 数据接入。

17. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道接收第一报文，所述第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；

在第一无线承载上发送所述第一报文；所述 RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，所述第一无线承载为信令无线承载 SRB，所述第一类管理报文用于通信管理；或者，所述 RDMA 报文为数据报文的情况下，所述第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB。

18. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，

所述 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道的情况下，所述 RDMA 报文为第一类管理报文；或者，

所述 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道的情况下，所述 RDMA 报文为数据报文。

19. 根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，

所述 RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，所述 RDMA 报文为第一类管理报文；或者，

所述 RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，所述 RDMA 报文为数据报文。

20. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

确定第一报文，所述第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；

通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道发送所述第一报文；所述 RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，所述 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道，所述第一类管理报文用于通信管理；或者，所述 RDMA 报文为数据报文的情况下，所述 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

21. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

在第一无线承载上接收第一报文，所述第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；所述 RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，所述第一无线承载为信令无线承载 SRB，所述第一类管理报文用于通信管理；或者，所述 RDMA 报文为数据报文的情况下，所述第一无线承载为计算无线承载 CRB 或数据无线承载 DRB；

通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道发送所述第一报文。

22. 根据权利要求 21 所述的方法，其特征在于，

所述 RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，所述 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道；或者，所述 RDMA 报文为数据报文的情况下，所述 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

23. 根据权利要求 21 或 22 所述的方法，其特征在于，

所述 RDMA 报文的传输层标识小于或等于第一数值的情况下，所述 RDMA 报文为第一类管理报文；或者，

所述 RDMA 报文的传输层标识大于第一数值的情况下，所述 RDMA 报文为数据报文。

24. 一种基于远程直接内存访问的通信方法，其特征在于，所述方法包括：

通过通用分组无线业务隧道协议用户面 GTP-U 隧道接收第一报文，所述第一报文是基于远程直接内存访问 RDMA 报文得到的；所述 RDMA 报文为第一类管理报文的情况下，所述 GTP-U 隧道为第一 GTP-U 隧道，所述第一类管理报文用于通信管理；或者，所述 RDMA 报文为数据报文的情况下，所述 GTP-U 隧道为第二 GTP-U 隧道。

25. 根据权利要求 18、20、22 或 24 任一项所述的方法，其特征在于，

所述第一 GTP-U 隧道的类型为第一类型，所述第一类型的 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的第一类管理报文；或者，

所述第二 GTP-U 隧道的类型为第二类型，所述第二类型的 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的数据报文。

26. 根据权利要求 18、20、22 或 24 任一项所述的方法，其特征在于，

所述第一 GTP-U 隧道的标识与第一类管理报文对应，所述第一 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的第一类管理报文；或者，

所述第二 GTP-U 隧道的标识与数据报文对应，所述第二 GTP-U 隧道用于传输 RDMA 的数据报文。

27. 一种通信装置，其特征在于，所述通信装置包括用于执行如权利要求 1-26 任一项所述方法的模块。

28. 一种通信装置，其特征在于，所述通信装置包括处理器；所述处理器，用于运行计算机程序或指令，以使所述通信装置执行如权利要求 1-26 任一项所述的方法。

29. 一种计算机可读存储介质，其特征在于，计算机可读存储介质存储有计算机指令或程序，当计算机指令或程序在计算机上运行时，使得如权利要求 1-26 任一项所述的方法被执行。

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指令；当部分或全部所述计算机指令在计算机上运行时，使得如权利要求 1-26 任一项所述的方法被执行。