



## 国家知识产权局

100084

北京市海淀区北洼路 45 号 1 号楼 2 层 201  
北京清亦华知识产权代理事务所（普通合伙） 张大威(010-82886568)

发文日：

2020 年 08 月 25 日



申请号或专利号：202010857899.4

发文序号：2020082500058830

## 专 利 申 请 受 理 通 知 书

根据专利法第 28 条及其实施细则第 38 条、第 39 条的规定，申请人提出的专利申请已由国家知识产权局受理。现将确定的申请号、申请日、申请人和发明创造名称通知如下：

申请号：202010857899.4

申请日：2020 年 08 月 24 日

申请人：浙江大学

发明创造名称：无人系统异构网络通信信道接入方法与装置

经核实，国家知识产权局确认收到文件如下：

专利代理委托书 每份页数:2 页 文件份数:1 份

说明书附图 每份页数:5 页 文件份数:1 份

发明专利请求书 每份页数:5 页 文件份数:1 份

权利要求书 每份页数:3 页 文件份数:1 份 权利要求项数： 10 项

说明书 每份页数:14 页 文件份数:1 份

实质审查请求书 每份页数:1 页 文件份数:1 份

说明书摘要 每份页数:1 页 文件份数:1 份

指导老师电子签名：

提示：

1. 申请人收到专利申请受理通知书之后，认为其记载的内容与申请人所提交的相应内容不一致时，可以向国家知识产权局请求更正。
2. 申请人收到专利申请受理通知书之后，再向国家知识产权局办理各种手续时，均应当准确、清晰地写明申请号。
3. 国家知识产权局收到向外国申请专利保密审查请求书后，依据专利法实施细则第 9 条予以审查。

审 查 员：自动受理

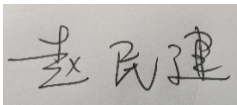
审查部门：专利局初审及流程管理部

200101  
2019.11

纸件申请，回函请寄：100088 北京市海淀区蓟门桥西土城路 6 号 国家知识产权局受理处收  
电子申请，应当通过电子专利申请系统以电子文件形式提交相关文件。除另有规定外，以纸件等其他形式提交的文件视为未提交。

魏涵宇同学参与并辅助撰写了《无人系统异构网络通信信道接入方法与装置》  
专利，为该专利的第二作者，同意使用专利成果。

指导老师电子签名：

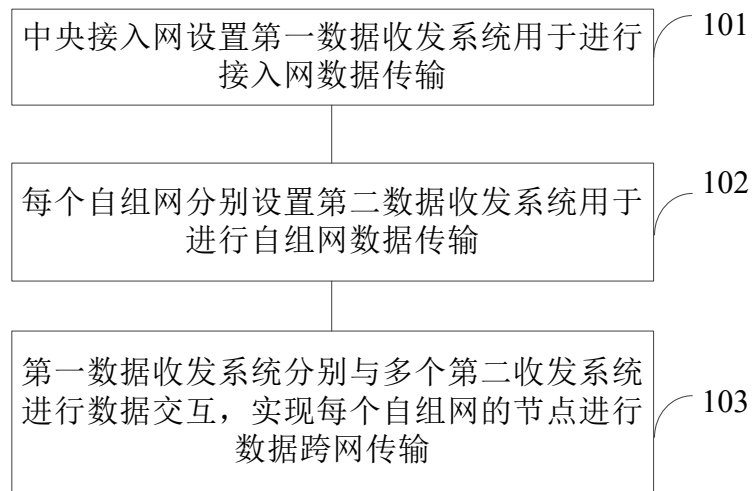


序号	我方案号	发明名称	申请号	申请日	申请类型	申请人	发明人
1	E1200045	无人系统异构网络通信信道接入方法与装置	202010857899.4	2020-08-24	发明	浙江大学	李可欣, 魏涵宇, 王婧, 雷鸣, 赵民建, 寇遵莉

5 本申请提出一种无人系统异构网络通信信道接入方法与装置，异构网络包括：中央接入网及下属自组网组成，其中，中央接入网由一个基站以及  $n$  个簇头节点组成； $n$  个簇头节点分别是  $n$  个自组网的簇头；每个自组网由  $m$  个节点组成；其中， $n$  和  $m$  为正整数；方法包括：中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输；每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输；第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输。由此，充分利用了无人系统的信道资源，实现无人系统异构网络的可靠通信。

## 摘要附图

---



1、一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，所述无人系统异构网络由中央接入网及下属自组网组成；其中，所述中央接入网由一个基站以及  $n$  个簇头节点组成；  
5 所述  $n$  个簇头节点分别是  $n$  个自组网的簇头；每个自组网由  $m$  个节点组成；其中， $n$  和  $m$  为正整数；包括：

所述中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输；

所述每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输；

10 所述第一数据收发系统分别与多个所述第二收发系统进行数据交互，实现所述每个自组网的节点进行数据跨网传输。

2、如权利要求 1 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，还包括：

所述基站持续广播发送  $t$  个组网同步信息帧，所述每个自组网的簇头节点持续进行信道监听，直到收到组网同步信息帧；其中， $t$  为大于 1 的正整数；

15 在所述基站发送完所述  $t$  个组网同步信息帧后，所述  $n$  个簇头节点依次发送  $q$  个时隙的同步回复帧；其中， $q$  为正整数，生成所述中央接入网。

3、如权利要求 2 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，所述中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输，包括：

20 所述簇头节点根据当前发送数据帧数量以及业务类型，计算时隙数及业务对应的优先级，封装在上行数据帧的包头中，发送至所述基站；

所述基站在每一次下行时隙到来时，判断当前下行时隙至少分配预设数量的上行时隙，将所述预设数量的上行时隙分配给发送业务优先级最高的簇头节点。

4、如权利要求 2 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，还包括：

25 获取新入网节点，所述新入网节点保持监听信道；

当所述新入网节点接收到所述基站发送的下行控制包中包含有同步信息时，进行入网同步；其中，所述入网同步包括进行时间同步、时隙对齐；

在所述入网同步之后，所述新入网节点计算出随机接入时隙到来的时间。

30 5、如权利要求 1 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，还包括：

所述每个自组网的簇头节点广播组网同步信息，所有距离所述簇头节点一跳的邻居节点接收到所述同步信息与所述簇头节点完成同步；

1 跳节点至  $h-1$  跳节点按照跳数转发组网同步信息，依次完成与所述簇头节点的同步，所述每个自组网内所有节点完成了入网同步；其中， $h$  为大于 1 的正整数；

$h$  跳节点至所述 1 跳节点按照跳数向簇头回传入网信息，所述簇头节点获取所述每个自组网内当前工作节点数量；

5 所述每个自组网的簇头节点广播在线节点数，所述簇头节点至所述  $h-1$  跳节点按照跳数转发全网节点在线信息；

每个节点向本地路由层发出开始快速路由的信号并告知路由层在线节点个数，生成所述每个自组网。

6、如权利要求 1-5 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，所述每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输，包括：

所述每个自组网的节点以时帧为周期进行数据传输，一个时帧由  $a$  个等长的时隙组成；一个时帧被划分成了三个阶段，分别是告知阶段、路由及同步阶段和数据传输阶段；

所述告知阶段由  $b$  个时隙构成，用于节点获得 2 跳范围内邻居的业务量信息；

所述路由及同步阶段由  $c$  个时隙构成，用于交替性地发送路由包和同步包；

15 所述数据阶段由  $j$  个时隙构成，用于发送数据包，其中， $b+c+j=a$ 。

7、如权利要求 5 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，所述告知阶段包括：声明子阶段和转发子阶段，每个子阶段包含  $m$  个时隙， $b=2*(m+r1)$ ，其中  $m$  为节点数， $r1$  是为数据处理时延预留的保护时隙数；每个子阶段的时隙数设计为与节点数一致，每个时隙都被分配给特定的一个节点，每个节点通过分配到的时隙中发送控制帧，在其它时隙应保持接收状态；

在所述声明子阶段中，节点广播业务量信息，包括是否有数据包需要发送，以及预设数量时隙用于发送数据包；

在所述转发子阶段，节点将一跳邻居的业务量信息及本节点业务量信息封装到控制帧中进行广播。

25 8、如权利要求 5 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，每个节点根据时隙分配算法计算可用于发送数据包的时隙的位置；

每个节点周期性地生成一个优先级序号，其中，所有节点同一时刻的优先级序号不同；

重业务节点将本节点的优先级与 2 跳范围以内邻居的优先级进行对比，若本节点的优先级最高，则在 2 跳以外节点的空闲时隙中发送数据包。

30 9、如权利要求 1 所述的一种无人系统异构网络通信信道接入方法，其特征在于，所述第一数据收发系统分别与多个所述第二收发系统进行数据交互，实现所述每个自组网的节点进行数据跨网传输，包括：

源节点通过路由将数据包发送至源子网簇头节点，所述源子网簇头节点的自组网的 MAC 模块将数据包拆分成基础包发送至所述中央接入网的 MAC 模块；

所述中央接入网的 MAC 模块收到所述基础包后，进行地址转换，并存入相应发送队列；

- 5       所述基础包到达目的子网簇头节点，目的子网簇头节点进行地址转换后，发送所述目的子网簇头节点的自组网的 MAC 模块，之后在自组网内路由至目的节点。

10、一种无人系统异构网络通信信道接入装置，其特征在于，所述无人系统异构网络由中央接入网及下属自组网组成；其中，所述中央接入网由一个基站以及  $n$  个簇头节点组成；所述  $n$  个簇头节点分别是  $n$  个自组网的簇头；每个自组网由  $m$  个节点组成；其中， $n$  和  $m$  为正整数；包括：

第一传输模块，用于所述中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输；

第二传输模块，用于所述每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输；

- 15       第三传输模块，用于所述第一数据收发系统分别与多个所述第二收发系统进行数据交互，实现所述每个自组网的节点进行数据跨网传输。

## 无人系统异构网络通信信道接入方法与装置

### 5 技术领域

本申请涉及网络通信技术领域，尤其涉及一种无人系统异构网络通信信道接入方法与装置。

### 背景技术

10 近年来，以人工智能、芯片为代表的科技革新使以无人车、无人机、无人船等无人系统自主行动能力得到了极大的提升，随着传感器的大量普及，无人系统在远程、限制性环境中应用呈现明显优势，无人系统的使用可以最大限度提升任务效率、减少人员风险。工业上大量机器人无人系统用于危险物品的检查、收集和搬运，水下、陆地和太空等危险或复杂环境中利用无人潜器、无人机等进行探测、监视；军事上多种无人系统大范围时空域内  
15 内进行实时监控、态势感知，甚至协同攻击。

多种大规模无人系统在功能或性能上存在互补，可以更高效地完成任务。例如无人水面航行器可以与多个小型无人机进行协同信息采集，无人水面航行器为小型无人机提供了远距离的航程，同时也作为通信基站与信息收集终端，为异构系统提供了远距离、分布式的通信支持以及信息存储空间。小型无人机探测使无人系统异构网络具备了快速，灵活的信息收集方式。这类协同工作需要通信网络的支持，在野外等没有 4G\5G 预布置网络的情况下，这些大规模无人系统，往往存在异构网络场景。

无人系统异构网络设计的关键之一便是信道资源分配的问题。通信信道接入技术旨在解决多个设备访问单一信道时出现冲突的情况，分为固定信道接入技术和随机信道接入技术。固定信道接入技术是指某个时刻设备占有的信道资源是确定的，包括频分多址接入  
25 （Frequency division multiple access, FDMA）、时分多址接入（Time division multiple access, TDMA）等。随机信道接入技术指某个时刻设备占有的信道资源是不确定的，设备通常采用“竞争”的方式获得信道资源。随机信道接入技术可能会导致关键信息丢失，而固定信道接入技术是针对每个设备分配资源，由于并不是所有设备都需要实时联网，在大规模异构网络中，会造成无人系统的成本提供或信道资源浪费。

30

### 发明内容

本申请旨在至少在一定程度上解决相关技术中的技术问题之一。



为此，本发明的一个目的在于提出一种无人系统异构网络通信信道接入方法和装置，其目的是充分利用无人系统的信道资源，实现无人系统异构网络的可靠通信。

为达到上述目的，本发明实施例提出了一种无人系统异构网络通信信道接入方法，包括以下步骤：

- 5           中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输；每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输；第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输。

另外，根据本发明上述实施例的无人系统异构网络通信信道接入方法，还可以具有如下附加的技术特征：

- 10           进一步地，在本发明的一个实施例中，无人系统异构网络通信信道接入方法还包括：基站持续广播发送  $t$  个组网同步信息帧，每个自组网的簇头节点持续进行信道监听，直到收到组网同步信息帧；其中， $t$  为大于 1 的正整数；在基站发送完  $t$  个组网同步信息帧， $n$  个簇头节点依次发送  $q$  个时隙的同步回复帧；其中， $q$  为正整数，生成中央接入网。

- 15           进一步地，在本发明的一个实施例中，中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输，包括簇头节点根据当前发送数据帧数量以及业务类型，计算时隙数及业务对应的优先级，封装在上行数据帧的包头中，发送至基站；基站在每一次下行时隙到来时，判断当前下行时隙至少分配预设数量的上行时隙，将预设数量的上行时隙分配给发送业务优先级最高的簇头节点。

- 20           进一步地，在本发明的一个实施例中，无人系统异构网络通信信道接入方法还包括：获取新入网节点，新入网节点保持监听信道；当新入网节点接收到基站发送的下行控制包中包含有同步信息时，进行入网同步；其中，入网同步包括进行时间同步、时隙对齐；在入网同步之后，新入网节点计算出随机接入时隙到来的时间。

- 25           进一步地，在本发明的一个实施例中，无人系统异构网络通信信道接入方法还包括：每个自组网的簇头节点广播组网同步信息，所有距离簇头节点一跳的邻居节点接收到同步信息与簇头节点完成同步；1 跳节点至  $h-1$  跳节点按照跳数转发组网同步信息，依次完成与簇头节点的同步，每个自组网内所有节点完成了入网同步；其中， $h$  为大于 1 的正整数； $h$  跳节点至 1 跳节点按照跳数向簇头回传入网信息，簇头节点获取每个自组网内当前工作节点数量；每个自组网的簇头节点广播在线节点数，簇头节点至  $h-1$  跳节点按照跳数转发全网节点在线信息；每个节点向本地路由层发出开始快速路由的信号并告知路由层在线节点个数，生成每个自组网。
- 30

进一步地，在本发明的一个实施例中，每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输包括：每个自组网的节点以时帧为周期进行数据传输，一个时帧由  $a$  个

等长的时隙组成；一个时帧被划分成了三个阶段，分别是告知阶段、路由及同步阶段和数据传输阶段；告知阶段由  $b$  个时隙构成，用于节点获得 2 跳范围内邻居的业务量信息；路由及同步阶段由  $c$  个时隙构成，用于交替性地发送路由包和同步包；数据阶段由  $j$  个时隙构成，用于发送数据包，其中， $b+c+j=a$ 。

5 进一步地，在本发明的一个实施例中，无人系统异构网络通信信道接入方法的自组网阶段，告知阶段包括：声明子阶段和转发子阶段，每个子阶段包含  $m$  个时隙， $b=2*(m+r1)$ ，其中  $m$  为节点数， $r1$  是为数据处理时延预留的保护时隙数；每个子阶段的时隙数设计与与节点数一致，每个时隙都被分配给特定的一个节点，每个节点通过分配到的时隙中发送控制帧，在其它时隙应保持接收状态；在声明子阶段中，节点广播业务量信息，包括是否有  
10 数据包需要发送，以及预设数量时隙用于发送数据包；在转发子阶段，节点将一跳邻居的业务量信息及本节点业务量信息封装到控制帧中进行广播。

进一步地，在本发明的一个实施例中，无人系统异构网络通信信道接入方法的自组网阶段，每个节点根据时隙分配算法计算可用于发送数据包的时隙的位置；每个节点周期性地生成一个优先级序号，其中，所有节点同一时刻的优先级序号不同；重业务节点将本节点的优先级与 2 跳范围以内邻居的优先级进行对比，若本节点的优先级最高，则在 2 跳以外节点的空闲时隙中发送数据包。  
15

进一步地，在本发明的一个实施例中，第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输，包括：通过路由将数据包发送至源子网簇头节点，源子网簇头节点的自组网的 MAC 模块将数据包拆分成基础包发送至中央接入网的 MAC 模块；中央接入网的 MAC 模块收到基础包后，进行地址转换，并存入相应发送队列；基础包到达目的子网簇头节点，目的子网簇头节点进行地址转换后，发送目的子网簇头节点的自组网的 MAC 模块，之后在自组网内路由至目的节点。  
20

为达到上述目的，本发明第二方面实施例提出了一种无人系统异构网络通信信道接入装置，包括：第一传输模块、第二传输模块、第三传输模块，其中，第一传输模块，用于中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输；第二传输模块，用于每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输；第三传输模块，用于第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输。  
25

本发明实施例提供的非电易失性组合存储器件及其操作方法可以包含如下有益效果：

30 本发明实施例的无人系统异构网络通信信道接入方法，采用基站与簇头节点组成接入网，簇头节点与普通节点组成自组网的异构网络架构方式，使无人系统节点能够进行中央调度而又具有一定的自由度，组网更加灵活；接入网基站采用自适应时隙分配算法，优先

保证每个节点的申请时隙，实现节点间的公平问询，其次根据业务优先级，考虑信道的负载能力和当前负载程度，自适应调整，实现资源的充分利用；自组网采用基于 TDMA 的动态时隙分配算法，节点通过向两跳以内邻居广播节点业务量信息的方式进行时隙使用声明，而空闲时隙可以通过竞争的方式实现空分复用，充分利用时隙资源，实现高吞吐量低时延数据传输；接入网作为自组网数据跨网传输的中继，实现自组网数据包的跨网传输。

本发明附加的方面和优点将在下面的描述中部分给出，部分将从下面的描述中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

## 附图说明

本发明上述的和/或附加的方面和优点从下面结合附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 为本发明实施例的一种无人系统异构网络通信信道接入方法的流程示意图；

图 2 是接入网新节点入网示意图；

图 3 是自组网组网阶段示意图；

图 4 是自组网时帧结构示意图；

图 5 是跨网传输地址转换流程示意图；

图 7 是自组网基于 TDMA 的动态时隙分配算法流程示意图；

图 8 是无人系统异构网络示意图；

图 9 是接入网组网过程示意图；

图 10 是接入网子帧结构示意图；

图 11 为本发明实施例的一种无人系统异构网络通信信道接入装置的结构示意图。

## 具体实施方式

下面详细描述本发明的实施例，实施例的示例在附图中示出，其中自始至终相同或类似的标号表示相同或类似的元件或具有相同或类似功能的元件。下面通过参考附图描述的实施例是示例性的，旨在用于解释本发明，而不能理解为对本发明的限制。

下面参照附图描述根据本发明实施例提出的无人系统异构网络通信信道接入方法与装置。

本发明实施例提出的无人系统异构网络通信信道接入方法中，异构网络由中央接入网及下属自组网组成，信道接入方法包括：（1）接入网部分，基站与自组网的簇头节点通过同步广播-回复的方式完成时隙同步并获得接入网拓扑；接入网自适应时隙分配算法综合考虑网络吞吐量、时延和节点公平性的要求，保证网络中数据传输的负载均衡和实时性；随

机接入方法安排新节点进入网络；（2）自组网部分，通过多跳同步信息转发的方式进行全网的时隙同步；初始组网阶段通过进行快速路由使每个节点快速获得全网拓扑；基于 TDMA（Time division multiple access，时分多址）的动态时隙分配算法，合理利用时隙资源，提高网络吞吐量并降低数据包传输时延；（3）接入网作为中继，实现不同自组网之间信息的跨网传输。本发明充分利用了无人系统的信道资源，实现无人系统异构网络的可靠通信。

图 1 为本发明实施例的一种无人系统异构网络通信信道接入方法的流程示意图。如图 1 所示，该无人系统异构网络通信信道接入方法，包括：

步骤 101，中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输。

其中，中央接入网由一个基站以及  $n$  个簇头节点组成；第一数据收发系统可以理解为基站与簇头节点之间的数据收发系统。另外，簇头节点要传输给基站的数据被提前划分了不同的优先级，接入网数据传输过程中，所传输的数据中携带有簇头节点的时隙申请信息和所要传输数据的优先级。

具体的，中央接入网中的基站与  $n$  个簇头节点按照建立通信关系之后，基站与  $n$  个簇头节点进行数据收发。

其中，基站与  $n$  个簇头节点建立通信的方法可以是，首先，基站持续广播发送  $t$  个组网同步信息帧，同时，每个自组网的簇头节点持续进行信道监听，直到簇头节点收到组网同步信息帧，然后，在基站发送完  $t$  个组网同步信息帧后， $n$  个簇头节点按照预定的顺序，依次发送  $q$  个时隙的同步回复帧，基站接收到各个簇头节点的回复帧以后，确定在线簇头的数量和序号，生成中央接入网。其中， $t$  为大于 1 的正整数， $q$  为正整数。

另外，基站与  $n$  个簇头节点进行数据收发的方法是簇头节点根据当前发送数据帧数量以及所要发送数据的业务类型，计算簇头节点所要申请的时隙数及业务类型的数据对应的优先级，然后将两者封装在上行数据帧的包头中，发送至基站；基站在收到簇头节点发送的上行数据帧的包头以后，在每一次下行时隙到来时，判断当前下行时隙至少分配预设数量的上行时隙给簇头节点，然后将预设数量的上行时隙分配给发送业务类型数据优先级最高的簇头节点。

需要理解的是，在使用本申请的无人系统的一些实施例中，一些特定的新入网节点会与基站进行通信连接，这些新入网节点会保持监听信道，当新入网节点接收到基站发送的下行控制包中包含有同步信息时，进行入网同步；其中，入网同步包括时间同步、时隙对齐；在新入网节点完成入网同步之后，新入网节点计算出随机接入时隙到来的时间。

在本发明实施例中，簇头节点与基站以这种时帧规则和时帧周期进行数据传输。该时帧由  $s$  个等长的时隙组成，在一个时帧中，由  $g$  个时隙组成一个子帧，即一个时帧包含  $s/g$  个子帧，其中  $g < s$ ， $s/g$  为整数；每个子帧设计中设计  $u$  个上行时隙和  $d$  个下行时隙，其中

$u+d=m$ ，其中  $m$  为自组网内节点的个数，上行时隙是指簇头节点向基站发送数据帧或控制帧的时隙，下行时隙是指基站向簇头节点发送数据或控制帧的时隙；每一个时隙还提供  $x$  个随机接入时隙用于新节点入网申请。

需要说明的是，考虑到节点公平性以及网络吞吐量和时延的要求，算法将业务按照实时性要求划分了不同优先级，簇头节点在上行数据包中捎带时隙申请及业务优先级信息，基站在所有下行时隙发送的控制/数据帧中捎带上行时隙的分配信息，具体过程如下：

簇头节点根据自己当前需要发送的数据帧数量以及业务类型，计算得到需要的时隙数及业务对应的优先级，封装在上行数据帧的包头中，发送至基站；基站在每一次下行时隙到来时，分配满足要求的最少上行时隙，以便优先级更高的业务数据包进入队列时能够及时分配时隙。

基站的时隙分配过程以子帧为单位循环：每个子帧固定预留一个上行时隙，轮流分配给每个在线节点，保证不会出现因一个节点业务量繁重而占用了所有上行时隙的情况。对于其余上行时隙的分配，基站首先在下行时隙到来时判断当前下行时隙至少需要分配几个上行时隙，然后依次将需要分配的上行时隙分配给需要发送业务优先级最高的簇头节点。

设计预留每个时隙的最后一个子帧中  $x$  个上行时隙作随机接入时隙，新节点入网过程如图 2 所示：

新入网节点保持监听信道，当收到基站发送的下行控制包中包含有同步信息时，进行入网同步，包括进行时间同步、时隙对齐等操作。在同步之后，新入网节点能够计算出随机接入时隙到来的时间。为了避免多个新入网节点产生入网碰撞，新入网节点将以概率  $p$  发送入网申请包，基站在收到入网申请包后，在下一个下行时隙广播全网节点更新信息。

步骤 102，每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输。

其中，每个自组网包括一个簇头节点和  $m$  个节点，第二数据收发系统可以理解为自组网内部簇头节点和节点之间的数据收发系统。

自组网组网过程包括四个阶段，如图 3 所示的自组网组网阶段示意图，具体如下：（1）第一阶段是簇头节点广播组网同步信息，簇头节点发送  $a$  个组网同步信息帧，于是所有距离簇头节点一跳的邻居节点可以收到同步信息，与簇头完成同步；（2）第二阶段是 1 跳至  $h-1$  跳节点按照跳数转发组网同步信息，依次完成与簇头的同步，至此子网内所有节点完成了入网同步；（3）第三阶段是  $h$  跳节点至 1 跳节点按照跳数向簇头回传入网信息，簇头便可得知子网内现有工作节点的数量；（4）第四阶段是簇头节点广播在线节点数，簇头节点至  $h-1$  跳节点按照跳数转发全网节点在线信息；（5）第五阶段是快速路由阶段。

需要说明的是，第四阶段结束后，每个节点向本地路由层发出开始快速路由的信号并告知路由层在线节点个数。在每个节点路由层收到 MAC 层传来的开始快速路由的信号后，

调整路由包发送间隔，进入快速路由阶段。路由协议拟采用 OLSR 协议，OLSR 协议可通过控制发送 HELLO 包和 TC 包的发送间隔来调整路由信息的更新频率，因此在快速路由阶段将 HELLO 包和 TC 包的发送间隔调节较小，便可快速获得网络拓扑。

具体的，自组网内  $m$  个节点与簇头节点建立通信关系之后，簇头节点与  $m$  个节点进行数据收发。其中，簇头节点与  $m$  个节点建立通信的预定的第二方法为，每个自组网的簇头节点广播  $a$  组网同步信息，所有距离簇头节点 1 跳的邻居节点接收到同步信息即与簇头节点完成同步；然后 1 跳节点至  $h-1$  跳节点按照跳数向后续跳数节点转发组网同步信息，依次完成与簇头节点的同步，由此自组网内所有节点完成了入网同步；其中， $h$  为大于 1 的正整数。然后，由  $h$  跳节点开始，逐跳向 1 跳节点按照跳数向簇头回传入网信息，簇头节点在收到 1 跳节点回传的入网信息以后，便获取所在自组网内当前工作节点数量；随后，自组网的簇头节点广播在线节点数，簇头节点至  $h-1$  跳节点按照跳数转发全网节点在线信息；每个节点向本地路由层发出开始快速路由的信号并告知路由层在线节点个数，生成自组网。

另外，簇头节点与  $m$  个节点进行数据收发的方法是自组网的节点以时帧为周期进行数据传输，一个时帧由  $a$  个等长的时隙组成；图 4 所示的是自组网时帧结构示意图，一个时帧被划分成了三个阶段，分别是告知阶段、路由及同步阶段和数据传输阶段；告知阶段又被分为申明子阶段和转发子阶段，每个子阶段包含  $m$  个时隙，即  $b=2*(m+r1)$ ，其中  $m$  为节点数， $r1$  是为数据处理时延预留的保护时隙数。告知阶段用于节点获得 2 跳范围内邻居的业务量信息；路由及同步阶段由  $c$  个时隙构成，用于交替性地发送路由包和同步包；数据阶段由  $j$  个时隙构成，用于发送数据包，其中， $b+c+j=a$ 。

具体地，节点通过在告知阶段与邻居交互控制帧获得 2 跳范围内邻居的业务量，从而计算出数据阶段的可用时隙，进行时隙的空间复用及数据的高效传输。

具体地，一个时帧被划分成了三个阶段，分别是告知阶段、路由及同步阶段和数据传输阶段，告知阶段：告知阶段进一步被分为了两个子阶段：声明子阶段和转发子阶段，每个子阶段包含  $m$  个时隙，即  $b=2*(m+r1)$ ，其中  $m$  为节点数， $r1$  是为数据处理时延预留的保护时隙数。每个子阶段的时隙数设计为与节点数一致，所以每个时隙都被分配给特定的一个节点，每个节点只能在它分配到的时隙中发送控制帧，在其它时隙应保持接收状态。

在声明子阶段中，节点将广播自己的业务量信息，包括是否有数据包需要发送，以及需要多少数据阶段的时隙用于发送数据包。经过声明子阶段，每个节点都获知了 1 跳邻居的业务量信息。在转发子阶段，节点将一跳邻居的业务量信息及自己的业务量信息封装到控制帧中进行广播。于是经过转发子阶段，每个节点都能够获得 2 跳范围内邻居的业务量信息，即能知道哪些时隙不可被占用，哪些时隙可能能被占用来发送数据包。

在数据阶段的起始，每个节点会根据时隙分配算法计算自己可用于发送数据包的时隙的位置。每个节点在数据阶段固定分配了  $e$  个固定时隙，称为节点的主时隙，即  $e \cdot m = j$ 。有数据包需要发送的节点被称为活跃节点，活跃节点会优先在自己的主时隙中发送数据包。对于一些业务量较重的活跃节点，若它们当前的业务量无法在一个时帧的所有主时隙中发送完毕，我们将其称为重业务节点。重业务节点除自己的主时隙外，会竞争其他节点空闲的主时隙以发送自己的数据包。为实现数据包的无碰撞传输，节点不能与 2 跳范围内的邻居同时发送数据包，但是可以与 2 跳以外的节点同时发送数据包。采用的时隙竞争规则为：每个节点周期性地生成一个优先级序号，保证所有节点同一时刻的优先级序号不同，可认为序号大的节点优先级高；重业务节点将自己的优先级与 2 跳范围以内邻居的优先级作对比，若自己的优先级最高，则可在 2 跳以外节点的空闲时隙中发送数据包

步骤 103，第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输。

其中，源节点可以理解为发出信息的节点，源子网簇头节点可以理解为源节点所在的子网的簇头节点，目的节点可以理解为接收信息的节点，目的子网簇头节点可以理解为目的节点所在的子网的簇头节点。

具体的，源节点通过路由将数据包发送至源子网簇头节点，源子网簇头节点的自组网的 MAC 模块将数据包拆分成基础包发送至中央接入网的 MAC 模块；中央接入网的 MAC 模块收到基础包后，进行地址转换，并存入相应发送队列；基础包到达目的子网簇头节点，目的子网簇头节点进行地址转换后，在自组网内路由至目的节点。

当自组网的节点产生需要发送至另一个自组网的数据时，需要经过接入网的中继，传输至目标自组网，具体过程如下：

具体地，节点编号规则：接入网基站为 0 号节点。接入网普通节点即自组网簇头节点，编号从 1 至  $m$ 。接入网的节点编号即为自组网子网编号。由于接入网的普通节点即处于接入网又处于自组网中，它便会有两个节点号。接入网节点号即为前文定义，而每个节点也是它所处自组网子网的簇头，于是它在自组网子网中又为 0 号簇头节点。自组网节点，根据组网时簇头节点广播的子网号确定自己的子网号，同时也拥有自己被分配的节点号。

具体地，数据网间传输：自组网会产生跨网传输业务，则需要接入网作为中继帮助传输。首先数据包会路由至源子网簇头节点。然后源子网簇头节点的自组网 MAC 模块会将数据包拆分成基础包发送至接入网 MAC 模块。接入网 MAC 模块收到跨网基础包后，需要进行地址转换，并存入相应发送队列。之后跨网基础包在接入网中完成转发，到达目的子网簇头节点。目的子网簇头节点进行地址转换之后，从接入网 MAC 模块发送至接入网 MAC 模块，之后在自组网内路由至目的节点。

其中，地址转换具体过程如图 5 所示：首先对包头各类地址字段进行定义与解释：源自组网节点地址：产生数据帧的节点在自组网中的地址；源子网号：产生数据帧节点所在的自组网号；源接入网节点地址：源自组网簇头节点在接入网中的节点地址；目的自组网节点地址：数据帧最终需要到达的节点在自组网中的地址；目的子网号：数据帧最终需要到达的节点所在的自组网号；目的接入网节点地址：目的自组网簇头节点在接入网中的节点地址；数据帧在源自组网内传输时，包头只包含源自组网节点地址、源子网号、目的自组网节点地址和目的子网号，网内传输时转发路径上的节点能够根据数据帧的类型确定需要将此数据帧转发至簇头节点；当数据帧到达源自组网簇头节点时，簇头节点的自组网模块将数据帧转发至接入网模块；在接入网模块中，节点查表获得目的子网号对应的目的接入网节点地址，数据帧在接入网转发过程中，包头只包含源自组网节点地址、源接入网节点地址、目的自组网节点地址和目的接入网节点地址；数据帧到达目的接入网节点后，接入网模块先将源接入网节点地址和目的接入网节点地址转换回源子网号和目的子网号后，转发数据帧至自组网模块，自组网模块再进行目的自组网内数据包的转发。

在本发明的一个实施例中，如图 6 所示，首先在每个子帧中，预留一个上行时隙轮流分配给每个在线节点，用于轮询所有节点是否有数据需要发送，保证全网节点信道接入的公平性。其次，前一子帧申请时隙但未分配足够时隙的节点比当前子帧新申请时隙的节点具有更高优先级。当有多个未满足时隙申请的节点时，将按照申请业务优先级的顺序分配时隙。业务优先级的高低依次为：跨网转发音视频业务，跨网转发文件业务，普通上行音视频业务，普通上行文件业务。跨网转发类的业务是指需要基站进行中继的业务，普通上行的业务是指簇头节点发送的目的节点为基站的业务。在节点优先级相同的情况下，将优先为发送业务优先级更高的节点分配时隙，若业务优先级也相同则随机分配。

在本申请实施例中，基于 TDMA 的动态时隙分配算法，在数据阶段的起始，每个节点会根据时隙分配算法计算自己可用于发送数据包的时隙的位置。每个节点在数据阶段固定分配了  $e$  个固定时隙，称为节点的主时隙，即  $e \cdot m = j$ 。有数据包需要发送的节点被称为活跃节点，活跃节点会优先在自己的主时隙中发送数据包。对于一些业务量较重的活跃节点，若它们当前的业务量无法在一个时帧的所有主时隙中发送完毕，如图 7 所示，采用两轮广播业务量信息的方式，将节点的业务量信息传递至 2 跳邻居范围，从而在 2 跳范围之外的节点可以进行时隙的空分复用，且避免了隐藏终端的问题；算法采用固定时隙分配结合动态时隙分配的方式，使节点可以通过优先级竞争的方法获得空闲时隙的使用权，提高了时隙的利用率，以及接入网作为中继协助自组网的业务实现跨网传输，进行地址映射以减小包头地址字段开销。

综上所述，采用基站与簇头节点组成接入网，簇头节点与普通节点组成自组网的异构



网络架构方式,使无人系统节点能够进行中央调度而又具有一定的自由度,组网更加灵活;接入网基站采用自适应时隙分配算法,优先保证每个节点的申请时隙,实现节点间的公平问询,其次根据业务优先级,考虑信道的负载能力和当前负载程度,自适应调整,实现资源的充分利用;自组网采用基于 TDMA 的动态时隙分配算法,节点通过向两跳以内邻居广播节点业务量信息的方式进行时隙使用声明,而空闲时隙可以通过竞争的方式实现空分复用,充分利用时隙资源,实现高吞吐量低时延数据传输;接入网作为自组网数据跨网传输的中继,实现自组网数据包的跨网传输。

举例而言,本发明的实施例可以为一个无人系统异构网络场景,该无人系统如图 8 所示,包含基站 1 台,簇头节点 5 个,即自组网子网 5 个,每个自组网除簇头外有 15 个普通节点,自组网最大跳数 4 跳。

第一步,中央接入网完成基站与 5 个簇头节点的通信建立。

5 个簇头节点保持持续的信道监听,中央接入网中的基站持续广播 10 个时隙的组网同步信息帧,停止后等待 1 个时隙,开始接收簇头节点的同步回复帧,5 个自组网簇头节点在收到基站的同步信息帧以后,等到 1 个时隙的停顿以后,按照基站给 5 个自组网簇头的编号顺序依次发送 2 个时隙的同步回复帧。由此,基站便可以确定 5 个自组网簇头节点的在线状态,确定中央接入网的拓扑关系,完成基站与簇头节点的中央接入网的通信建立。

第二步,自组网完成簇头节点与 15 个节点的通信建立。

15 个节点保持持续的信道监听,自组网的簇头节点发送 8 个时隙的组网同步信息帧,1 跳节点在收到自组网簇头节点的组网同步信息帧以后向 2 跳节点转发组网同步信息帧,2 跳节点在收到自组网簇头节点的组网同步信息帧以后向 3 跳节点转发组网同步信息帧,3 跳节点在收到自组网簇头节点的组网同步信息帧以后向 4 跳节点转发组网同步信息帧,由此完成所有节点与簇头节点的同步。

然后,4 跳节点开始向 3 跳节点回传入网信息,3 跳节点根据 4 跳节点的入网信息生成 3 跳节点的入网信息并回传给 2 跳节点,2 跳节点根据 3 跳节点的入网信息生成 2 跳节点的入网信息并回传给 1 跳节点,1 跳节点根据 2 跳节点的入网信息生成 1 跳节点的入网信息并回传给簇头节点,由此,簇头节点便可以确定 15 个节点的在线状态,确定自组网的拓扑关系,完成簇头节点与节点的自组网的通信建立。

然后,簇头节点向 1 跳节点转发全网节点在线信息,1 跳节点在收到全网节点在线信息以后,向 2 跳节点转发全网节点在线信息,2 跳节点在收到全网节点在线信息以后,向 3 跳节点转发全网节点在线信息,3 跳节点在收到全网节点在线信息以后,向 4 跳节点转发全网节点在线信息,由此,自组网全网节点获得了自组网的网络拓扑。

同时,完成簇头节点与节点的自组网的通信建立以后,控制每个节点向本地路由层发

出开始快速路由的信号并告知路由层在线节点个数。在每个节点路由层收到 MAC 层传来的开始快速路由的信号后，调整路由包发送间隔，进入快速路由阶段。路由协议采用 OLSR 协议，设置 HELLO 包的发送间隔为 0.3s，TC 包的发送间隔为 0.8s，由此快速获得网络拓扑。在组网完成后，HELLO 包的发送间隔被调整为 3s，TC 包的发送间隔调整为 8s。

5        第三步，自组网内实现数据收发。

为在自组网内进行数据收发设计一种时帧策略，每个时帧包含 200 个时隙，每个时隙为 1ms，如图 9 所示，自组网时帧由告知阶段（36 个时隙）、路由及同步阶段（18 个时隙）、数据阶段（146 个时隙）构成。告知阶段包含两个子阶段，每个子阶段包含 18 个时隙，其中每个阶段 2 个保护时隙。数据传输阶段每个节点固定分配 9 个时隙，数据传输阶段结尾  
10        预留 2 个保护时隙。

第四步，中央接入网内实现数据收发。

为在中央接入网内进行数据收发设计一种时帧策略，每个时帧包含 1000 个时隙，每个时隙为 1ms，且每个时帧需要提供 3 个随机接入时隙用于新节点入网。另外，如图 10 所示，每 10 个时隙构成一个子帧，每个子帧设计 4 个下行时隙（图中 B 时隙、D 时隙）和 6 个上行时隙（图中 U 时隙）。基站根据节点申请时隙数自适应地分配上行时隙，B 时隙至多可分配一个子帧中 6 个上行时隙，当节点申请时隙数较少时，B 时隙最少可只分配最近的 2 个上行时隙，其后的上行时隙可由 D 时隙进一步分配。其中，接入网自适应时隙分配算法为  
15        基站在所有下行时隙捎带分配信息，内容包括本子帧内的某些上行时隙由某个簇头节点使用。每次最多分配 6 个上行时隙，最少分配 2 个上行时隙。每个子帧固定预留一个上行时隙，设计图 10 中 6 号时隙预留，轮流分配给 5 个簇头节点，保证不会出现因一个节点业务  
20        量繁重而占用了所有上行时隙的情况。对于其余上行时隙的分配，基站首先在下行时隙到来时判断当前下行时隙至少需要分配几个上行时隙，然后依次将需要分配时上行时隙分配给需要发送业务优先级最高的簇头节点。

接入网节点随机接入方法为设计预留每个时帧的最后一个子帧中 3 个上行时隙作随机  
25        接入时隙，对应图 10(a)中 1、6、7 号时隙，新节点入网过程包括：新入网节点保持监听信道，当收到基站在 B 时隙发送的下行控制帧时，根据帧中同步信息进行入网同步，包括进行时间同步、时隙对齐等操作。在同步之后，新入网节点能够计算出随机接入时隙到来的时间。为了避免多个新入网节点产生入网碰撞，新入网节点将以概率 50%发送入网申请包。

基站在收到入网申请包后，在下一个下行 B 时隙广播全网节点更新信息。新入网节点  
30        收到全网节点更新信息后检查自己是否入网成功。若入网成功，则放弃再次申请入网，并等待基站分配时隙与之通信；若入网失败，从 1、6、7 中随机选择一个值作为退避时隙，等待 1 个大帧后，在随机接入时隙时再次进行新入网申请发送。以上过程持续到新入网节

点接入到网内为止。

由此，通过 OPNET 仿真工具建立无人系统异构网络。无人系统异构网络可实现接入网、自组网的网内数据传输，以及以接入网为中继的自组网网间数据传输，满足无人系统异构网络通信要求，从信道接入方案上避免了由竞争导致的数据丢失问题，符合信道接入的公平性原则，各类时延和吞吐量均在可接受范围内。

为了实现上述实施例，本申请还提出一种无人系统异构网络通信信道接入装置。

图 11 为本发明实施例提供的一种无人系统异构网络通信信道接入装置的结构示意图。

如图 11 所示，该装置包括：第一传输模块 201、第二传输模块 202、第三传输模块 203。

第一传输模块 201，用于中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输。

第二传输模块 202，用于每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输。

第三传输模块 203，用于第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输。

需要说明的是，前述对方法实施例的解释说明也适用于该实施例的装置，此处不再赘述。

本发明实施例的无人系统异构网络通信信道接入装置，第一传输模块控制中央接入网设置第一数据收发系统用于进行接入网数据传输；第二传输模块控制每个自组网分别设置第二数据收发系统用于进行自组网数据传输；第三传输模块控制第一数据收发系统分别与多个第二收发系统进行数据交互，实现每个自组网的节点进行数据跨网传输。由此，充分利用了无人系统的信道资源，实现无人系统异构网络的可靠通信。

在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”、或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本申请的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本申请的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

流程图中或在此以其他方式描述的任何过程或方法描述可以被理解为，表示包括一个或更多个用于实现定制逻辑功能或过程的步骤的可执行指令的代码的模块、片段或部分，并且本申请的优选实施方式的范围包括另外的实现，其中可以不按所示出或讨论的顺序，包括根据所涉及的功能按基本同时的方式或按相反的顺序，来执行功能，这应被本申请的  
5 实施例所属技术领域的技术人员所理解。

在流程图中表示或在此以其他方式描述的逻辑和/或步骤，例如，可以被认为是用于实现逻辑功能的可执行指令的定序列表，可以具体实现在任何计算机可读介质中，以供指令执行系统、装置或设备（如基于计算机的系统、包括处理器的系统或其他可以从指令执行系统、装置或设备取指令并执行指令的系统）使用，或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用。就本说明书而言，"计算机可读介质"可以是任何可以包含、存储、通信、传播  
10 或传输程序以供指令执行系统、装置或设备或结合这些指令执行系统、装置或设备而使用的装置。计算机可读介质的更具体的示例（非穷尽性列表）包括以下：具有一个或多个布线的电连接部（电子装置），便携式计算机盘盒（磁装置），随机存取存储器（RAM），只读存储器（ROM），可擦除可编程只读存储器（EPROM 或闪速存储器），光纤装置，以及  
15 便携式光盘只读存储器（CDROM）。另外，计算机可读介质甚至可以是可在其上打印程序的纸或其他合适的介质，因为可以例如通过对纸或其他介质进行光学扫描，接着进行编辑、解译或必要时以其他合适方式进行处理来以电子方式获得程序，然后将其存储在计算机存储器中。

应当理解，本申请的各部分可以用硬件、软件、固件或它们的组合来实现。在上述实施方式中，多个步骤或方法可以用存储在存储器中且由合适的指令执行系统执行的软件或固件来实现。如，如果用硬件来实现和在另一实施方式中一样，可用本领域公知的下列技术中的任一项或它们的组合来实现：具有用于对数据信号实现逻辑功能的逻辑门电路的离散逻辑电路，具有合适的组合逻辑门电路的专用集成电路，可编程门阵列（PGA），现场可编程门阵列（FPGA）等。  
20

本技术领域的普通技术人员可以理解实现上述实施例方法携带的全部或部分步骤是可以通程序来指令相关的硬件完成，的程序可以存储于一种计算机可读存储介质中，该程序在执行时，包括方法实施例的步骤之一或其组合。  
25

此外，在本申请各个实施例中的各功能单元可以集成在一个处理模块中，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。集成的模块如果以软件功能模块的形式实现并作为独立的产品销售或使用，也可以存储在一个计算机可读存储介质中。  
30

上述提到的存储介质可以是只读存储器，磁盘或光盘等。尽管上面已经示出和描述了本申请的实施例，可以理解的是，上述实施例是示例性的，不能理解为对本申请的限制，本领域的普通技术人员在本申请的范围内可以对上述实施例进行变化、修改、替换和变型。

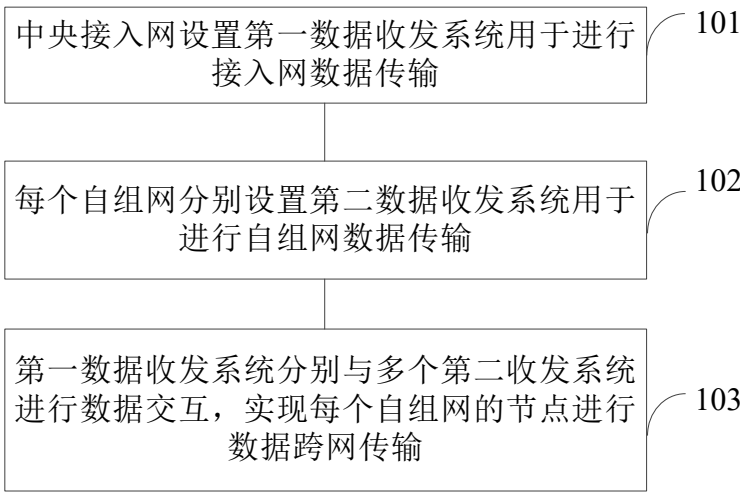


图 1

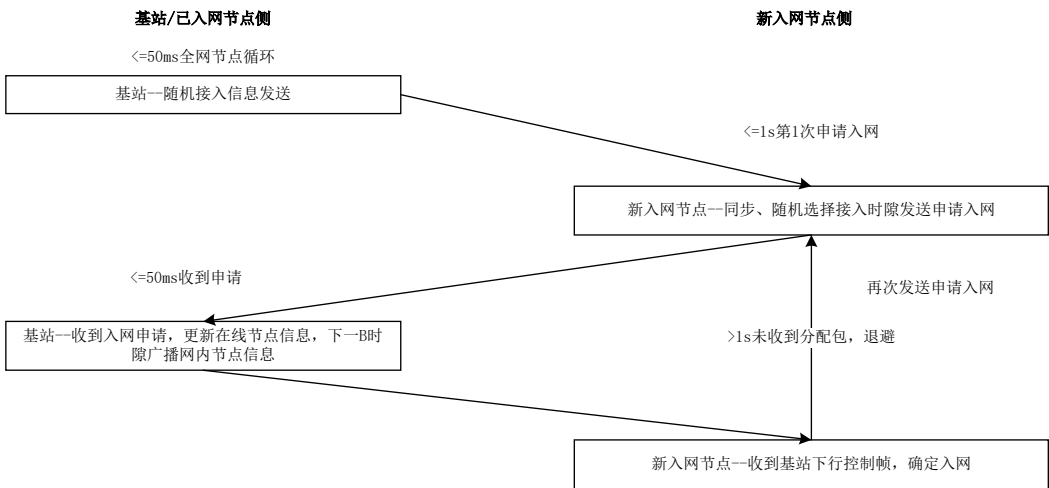


图 2

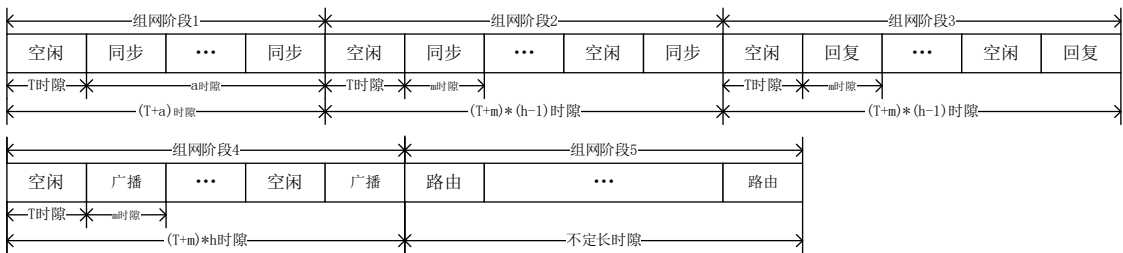


图 3

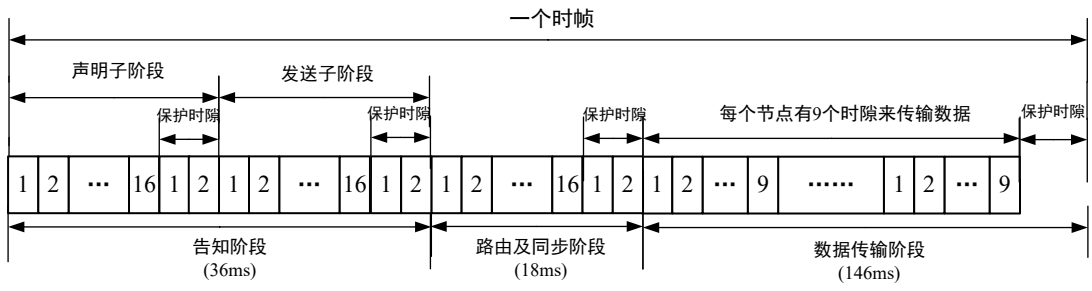


图 4

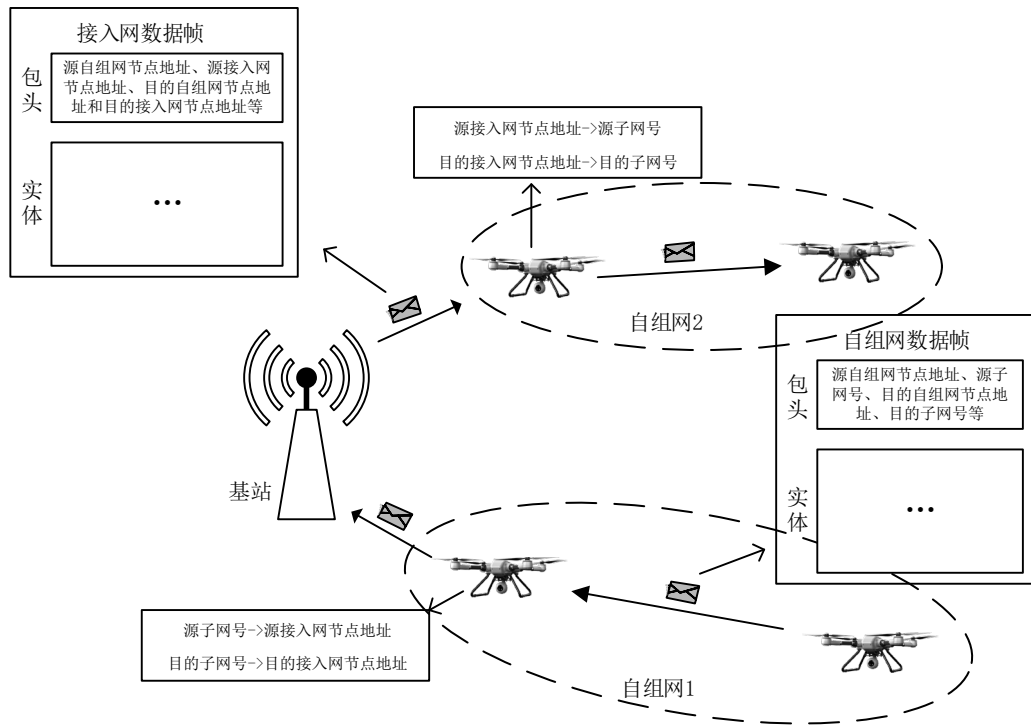


图 5

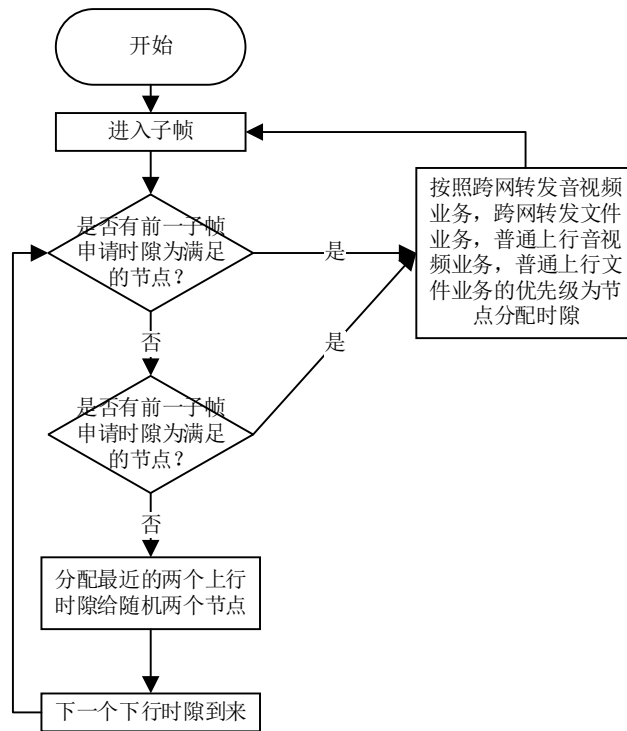


图 6

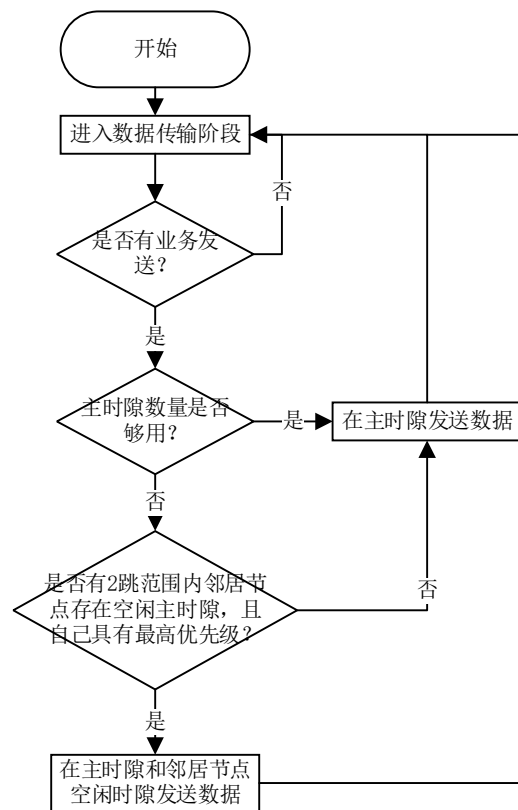


图 7



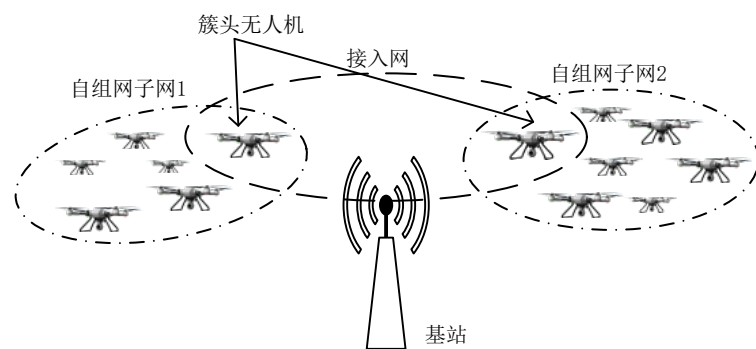


图 8

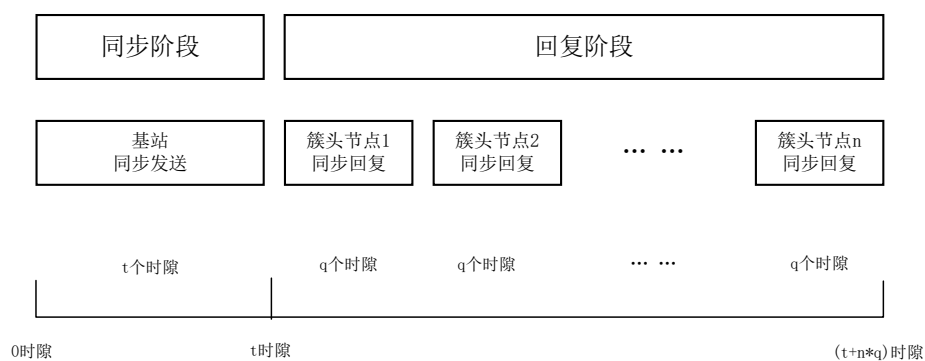
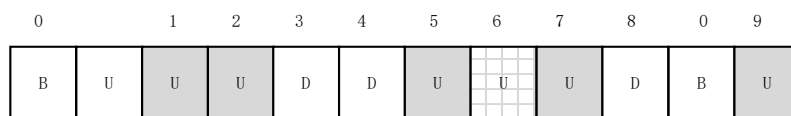
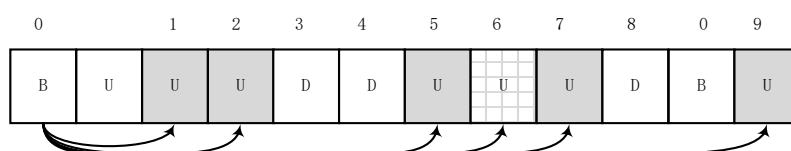


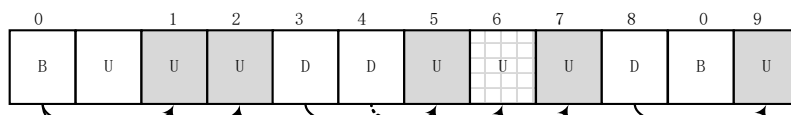
图 9



(a) 子帧结构



(b) 基站分配——至多分配6个上行时隙



(c) 基站分配——至少分配2个上行时隙

图 10

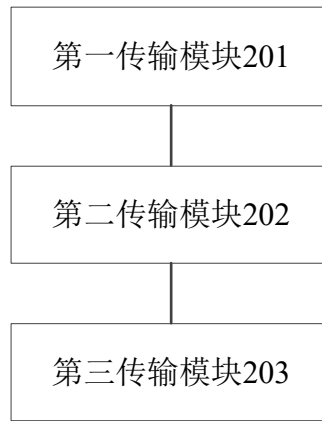


图 11