关键技术

1. 返向传输调度策略设计

基于前向TD-OFDMA体制，同一时隙有多个用户发送上行信号，受总带宽约束，每个用户所发上行信号的速率受限；基于返向TD-OFDM体制，无人机在每一时隙服务单独的用户，服务带宽较大，可用传输速率较大。

因此，该体制下如何调度各用户的返向传输成为关键。一方面，如果在接收到上行数据后立刻转发，会造成下行的带宽浪费，降低了整体的频谱利用率，但是可以降低时延保证Qos质量；另一方面，如果在无人机端进行缓存转发，那么可以尽可能地利用返向传输带宽，提高了整体的频谱利用率，但是与此同时会给用户带来高的延迟、增加了无人机端的存储资源消耗以及网络拥塞的可能性，并且带来了高的机上处理复杂度。

影响调度策略的因素主要包括以下两个方面：

1. 业务特点：不同用户的业务特点不同，也会对调度策略产生影响，一般来说高优先级、短猝发业务应该以Qos质量为主要考虑因素，不惜以牺牲频谱效率为代价，此时无人机应该尽快地下行转发；而低优先级的常规业务应主要考虑带宽资源。
2. 信道特点：在实际场景下，手持终端与无人机的下行无线信道相比于上行无线信道更易受多径衰落、遮挡等因素影响，因此无人机在进行下行转发过程中需要考虑不同用户下行信道的状态以及其动态变化的特点。如果当前下行发送用户的信道质量较差就应该缓存以保证下行发送的质量，但是这就会引发机上缓存所带来的弊端。因此如何合理恰当地考虑信道特点也是返向调度策略设计的关键。
3. 前向时频分配方法

在前向的TD-OFDMA通信体制当中，面临的一个直接问题在于每个用户的子载波与时隙分配方法。该问题的特点包括：

1. 协作分配

由于不同用户的上行信号频点一致，所以需要协作考虑整体的子载波分配以及时隙分配以避免同频干扰。另一方面，由于在该场景中，不同用户的上行信号经历不同的路径时延，并且该时延相比于OFDM的保护间隔较大，因此在无人机接收端进行解调时，会因子载波间的正交性破坏造成解调性能下降，以及处理成本的上升。一般来说，如果距离较近的用户在同一时隙进行发送，那么不同用户所经历的时延相近，此时各自子载波的正交性能够得到更有效地保护。此外，由于上行接入与上行通信可能同时发生，因此上行通信用户与上行接入用户的资源分配也需要协作考虑。

1. 动态分配

在通信过程中，整个网络一直处于动态变化当中。首先，无人机以及不同的用户都处在运动当中，不同用户的相对位置关系不断变化；其次，整个网络中通信用户会发生变化，当前时隙工作的用户与下一时隙工作的用户可能不同。

因此，如何在动态场景下进行子载波和时隙的分配以保证上行频谱利用率的最大化是该问题的难点。

1. 动态场景下的频谱选择

在当前场景下，由于下行信道相比于上行信道更加复杂多变，那么下行信道的选择就成为关键。基于轮询探测的下行信道选择可以探寻得到当前时刻信道状态最佳的信道，但是会存在两个制约因素：

1. 轮询探测所带来比较大的时间开销。当信道划分比较细致时需要探测的信道个数将大量增加，这会带来比较长的探测开销，限制了下行传输速率。
2. 频谱状态的动态变化。在当前所处的环境中，无人机以及各手持终端一直处于移动的状态下，各个信道的状态也会变化，当前依靠轮询探测所得到的频点在随后的传输过程中不一定是最佳的传输频点。这就需要高频度的下行频率选择，因而会带来比较大的带宽消耗。

因此，如何设计动态场景下的频谱选择就成为难点。

从解决思路来说，可以考虑利用时间上的相关性来减少频谱选择的频度。这里如果能够

有效利用历史信息，包括通信质量信息以及频谱探测质量信息，那么就可以对当前整个频谱的状态信息进行有效地估计预测进而选择最佳频点，从而避免进行实际的频谱探测。

此外，还可以从频谱之间的相关性进行考虑以减少每次轮询探测的频谱个数。实际上当信道的相关带宽比较大时，不同信道之间的相关性比较强，因此频谱的探测次数可以进行压缩；另一方面，如果我们将频谱满足要求的标准提高时，真正满足要求的频段是比较少的，从有效性的角度来看最终整个频段呈现“稀疏性”，那么我们可以考虑采用压缩感知的方法通过较少次的探测来恢复整个频段的有效性分布，以此来减少每次轮询探测的压力。

1. 基于TD-OFDMA的上行接入协议设计

目前，在上行TD-OFDMA体制中，接入协议的设计实际上是考虑如何在aloha协议基础上动态考虑不同用户的子载波分配、时隙分配。

与上行通信中子载波分配相比，上行接入的分配问题更关注于怎样在最短的时间内保证所有用户能够接入，而上行通信所关心的是怎样支持每个用户能够达到尽可能大的上行传输速率。因此，在子载波的分配上更倾向于增强不同用户的时间复用度，也就是使每个用户所占用的子载波数更少，这样能够使得同一时间内更多的用户发送上行请求。

关于时隙分配，所考虑的因素与上行通信的类似，仍旧要考虑避免同频干扰以及不同用户传输时延一致。