Energy-Efficient for UAV-Assisted Vehicular Networks Under the Double-way Street: Joint UAV Trajectory Optimization and Pricing-Based Robust Power Control Approach

无人机辅助的车联网络任务卸载与资源分配研究

双向车道下无人机辅助车辆网络的能量效率：联合无人机轨迹优化和定价的鲁棒功率控制方法



车道索引

当时，车辆方向向左，

当 时，车辆方向向右

通信过程被离散的划分为足够多等间隔的个时隙，每个时隙被认为是足够小的，即

时隙的集合 \[\mathcal{N}=\{1,2,\cdots ,n,\cdots ,N\}\]

车辆的集合 

路边单元的位置

无人机的位置

车辆的位置

路边单元 无人机计算

传输时延

计算时延

能耗



总的能耗

使用信噪比判断车辆在每个时隙是向基站通信还是向无人机通信

表示车辆需要向基站通信

表示车辆需要与无人机通信

无人机轨迹

无人机在距离地面H高度平行于道路方向进行无障碍飞行

无人机的可移动性约束

无人机在每个时隙的最大飞行距离为

无人机的实际飞行距离为

优化问题



.

1 QoS约束

2 无人机轨迹约束

3



丁克尔巴赫方法



摘要

无人机在车联网系统中有着更好的应用前景，于是本章引入无人机辅助车辆通信，我们提出了一种新颖的双向车道场景，将以往广泛研究的线性车道环境扩展为更加实际的双向车道的平面场景，并且联合优化无人机轨迹与车辆的发射功率，并使用定价机制的方法，以提高整个系统的能量效率，

系统模型

本章考虑了一个天地一体化网络，其中车辆行驶于双向的高速公路上，无人机从基站附近起飞，缓存基站提供的资源供道路上的车辆下载，因为是双向车道，基站位于坐标原点，高度为h，路边单元的位置

我们规定向右为正方向，定义车道索引L=1为车辆向右行驶，L=-1为向左行驶，由于基站位置固定，随者时间的推移，不可避免地存在一个方向的车辆会远离基站，势必影响其通过基站获取信息，此时，无人机向着基站的右方飞去，进而帮助原理基站的车辆获取需要的信息。我们设置第m个车辆的位置信息为 ，

为了决策道路上的车辆需要从无人机还是基站获取信息，我们根据由一阶马尔可夫过程预测到车辆到基站的信道状态信息与车辆与空中基站无人机视距链路得到的信道状态信息分别得出车辆与两个数据中中心通信的信噪比，车辆会选择信噪比较大的一方请求资源。

在时隙t内，无人机的水平坐标为

无人机在距离路面高度为H进行无障碍飞行，其飞行最大速度为

车辆的初始位置为，假设车辆以速度匀速直线行驶，根据之前定义的车道索引可以得出车辆M在第t时刻的水平位置变化为，车辆的位置 

根据位置信息我们可以得到在第t时刻的距离信息

车辆在时隙与路边单元的距离



车辆在时隙与无人机的距离



信道模型和能耗模型

对于车辆与路边单元的V2I通信，构建类似于前一张的一阶马尔可夫过程，在第t时刻的信道状态信息由前一时刻的状态预测得出，即



其中

对于车辆与无人机之间的通信中间没有障碍物遮挡，属于视距链路，构建了空中射频链路模型，在第t个时隙，第m个车辆到无人机的信道增益为

，为单位距离1米下的功率增益

信噪比

信噪比

无人机到车辆的传输速率为

车辆通过无人机获取的数据量可以表示为



能耗为



在前一个章节中，主要研究了车联网的地面通信网络，然而随着城市化建设的加深，道路网络越来越复杂，车辆的地面通信网络容易受到建筑物的遮挡，同时地面基站也难以覆盖越来越多的通信车辆。因此本章研究了作为前沿通信技术的无人机作为空中基站辅助车联网通信，并着重考虑了更加实际的双向车道的场景。无人机具有灵活与高机动性的特性，可以更好地解决如今越来越复杂的通信网络。由于本文考虑的车辆环境均为高速移动场景，固定轨迹的无人机难以适应实时变化网络拓扑环境，因此实时优化无人机的飞行的航迹有助于提高辅助车辆通信的服务质量。此外，无人机飞行与作为空中基站时均为耗能设备，所以整个系统的能量效率也应备受关注。

综上所述，本章研究了一个双向车道下无人机辅助车辆网络能效最大化的场景，在这个网络中，车辆高速行驶于双向的高速公路上，地面基站位于道路的一侧，随着对向行驶的车辆的高速移动，向右行驶的车辆会逐渐驶出当前通信小区，无法与地面基站进行通信，此时，无人机可作为空中基站以接收车辆通信信号。无人机以固定的高度平行于道路进行无障碍飞行，我们提出的算法可以实时的判断当前时隙车辆如何选择通信对象使得系统的能量效率最大化。本章的贡献可以做出如下总结：首先，本章提出了一种无人机辅助双向车道场景下规划无人机航迹的系统模型，为了提高整个网络系统的能量效率，我们采用丁克尔巴赫方法与定价机制使得系统在最小的能耗下可以最大化总吞吐量，为了保证地面车辆用户的服务质量，在优化问题中建立了时变的车辆移动模型下的概率约束，尽可能地描述信道的不确定性。

问题的定义

在本节中，我们为无人机辅助的双向车道车辆制定了能效最大化问题。我们的目的是通过联合优化双向车道上的车辆的发射功率以及无人机的轨迹来使得系统的总能效最大化。

首先，该网络通信系统的能效定义为

式中的 分别表示车辆向无人机空中基站与地面基站进行通信时的能耗，其中无人机考虑了飞行能耗

*1*

*1*

*2*

能效最大化问题表示为，式中的c1是车辆通信时的信噪比约束，保证车辆通行的服务质量（QoS），无人机的航迹收到无人机飞行能力的约束

$\Leftrightarrow $$$   

$\left( {{\left\| a-b \right\|}^{2}}+{{H}^{2}} \right)$

 $x\_{m}^{\left\{ l \right\}}\left[ t \right]$ $\eta \_{m,R}^{\left\{ l \right\}}\left[ t \right]$



  \[\triangleq

$\tilde{p}$${{\tilde{p}}^{(t+1)}}$