

10611 | 重庆大学

博士学术学位论文评阅书

学号：20191401452

论文名称：车载信息物理融合系统关键技术研究

作者姓名：许新操

作者学科专业：计算机科学与技术

作者研究方向：车载信息物理融合系统

论文题目	车载信息物理融合系统关键技术研究		
学科(专业)	计算机科学与技术		
评议项目	评价要素	分数 评分	
选题与综述	选题的前沿性和开创性；研究的理论意义或实用价值；对国内外该选题及相关领域发展现状的收集、归纳、分析、总结情况。	20	17
基础理论与专门知识	论文体现的学科理论基础坚实宽广程度和专门知识系统深入程度。	20	17
科研能力与创新性	论文体现作者独立从事科研的能力，论文的工作量和难度；在探索有价值现象、发现新规律、提出新命题新方法等方面的创新性；对解决自然科学、工程技术或社会发展重要作用的作用；对科技发展和社会进步的影响和贡献。	50	42
论文规范性	引文的规范性，学风的严谨性；论文结构的逻辑性；论文语言表达的准确性、流畅性；书写格式及图表的规范性。	10	8
总分	84		
总体评价	良好		

创新点	内容	分档
创新点1	<p>基于分层车联网架构的车载信息物理融合质量指标设计与优化。首先,设计了分层车联网服务架构,其融合了软件定义网络和移动边缘计算范式。在此基础上,提出了分布式感知与多源信息融合场景,其中边缘节点融合感知信息并构建逻辑视图。其次,建立了基于多类M/G/1 优先队列的信息排队模型,设计了Age of View 指标来定量评估视图质量,并形式化定义了 VCPS 质量最大化问题。再次,提出了基于差分奖励的多智能体深度强化学习算法,通过确定信息感知频率、上传优先级,以及V2I带宽,以实现 VCPS 质量最大化。最后,构建了仿真实验模型并进行了性能评估,证明了 MADR 算法的优越性。</p>	B较好

创新点2	<p>面向车载信息物理融合的通信与计算资源协同优化。首先，提出了协同通信与计算卸载场景，其中边缘节点协同调度通信与计算资源来实现 VCPS 实时任务处理。其次，考虑NOMA车联网中干扰，并建立了 V2I 传输模型。形式化定义了协同资源优化问题，旨在最大化服务率。再次，提出了基于博弈理论的多智能体深度强化学习算法，将原问题分解为任务卸载和资源分配两个子问题，其中，任务卸载子问题建模为严格势博弈并实现纳什均衡，资源分配子问题分解为两个独立凸优化问题，并利用基于梯度的迭代方法和 KKT 条件得到最优解，以实现异构资源协同优化。最后，构建了仿真实验模型并进行了性能评估，证明了 MAGT 算法的优越性。</p>	B较好
创新点3	<p>面向车载信息物理融合的质量-开销均衡优化。首先，提出了协同感知与 V2I 上传场景，其中车辆进行协同感知与上传，而边缘节点在构建视图时会同时考虑视图质量与开销。其次，考虑边缘视图中多源信息的及时性和一致性，建立了 VCPS 质量模型。同时，考虑到视图信息冗余度、感知开销以及传输开销，建立了 VCPS 开销模型。在此基础上，形式化定义了双目标优化问题，以最大化 VCPS 质量和最小化 VCPS 开销。再次，提出了基于多目标的多智能体深度强化学习算法，以实现质量-开销均衡。最后，构建了仿真实验模型并进行了性能评估，证明了 MAMO 算法的优越性。</p>	C一般
创新点4	无	

创新点5	无	
------	---	--

对学位论文的学术评语

汽车正朝着智能化、网联化和协同化方向迅速演进。车联网驱动的智能交通系统 (Intelligent Transportation System, ITS) 有望实现更安全、高效和可持续发展的交通运输。车载信息物理融合系统 (Vehicular Cyber-Physical System, VCPS) 是实现ITS应用的基础和关键。然而, 车联网高异构、高动态和分布式等特征以及ITS应用的多元化需求给VCPS 的实现带来了巨大挑战。论文研究车载信息物理融合系统的若干关键技术, 选题既有理论意义, 又有较大的应用价值。

论文针对车联网高动态物理环境、车联网分布式异构节点资源、智能交通系统多元应用需求, 以及动态复杂车联网环境所带来的挑战, 从架构融合与指标设计、协同资源优化、质量-开销均衡, 以及原型系统实现四个方面对车载信息物理融合系统展开研究。第一, 提出融合软件定义网络和移动边缘计算的车联网分层服务架构, 并实现视图质量的量化评估。首先, 结合软件定义网络、网络功能虚拟化和网络切片 (Network Slicing, NS) 等关键思想, 提出车联网分层服务架构, 以支持VCPS 的部署与实现。其次, 提出基于多类M/G/1 优先队列的感知信息排队模型。进一步, 针对边缘视图对于感知信息的时效性、完整性以及一致性需求, 设计VCPS 质量指标, 并形式化定义视图质量优化问题。最后, 提出基于差分奖励的多智能体强化学习视图质量优化策略, 实现高效实时的边缘视图构建。第二, 设计基于边缘协同的异构资源优化策略, 为优化VCPS 服务质量提供技术支撑。首先, 面向NOMA 车联网的车载边缘计算环境, 考虑V2I 通信中同一边缘内的干扰和不同边缘间的干扰, 提出V2I 传输模型, 并考虑边缘协作提出任务卸载模型。其次, 形式化定义协同资源优化问题, 并将其分解为任务卸载与资源分配两个子问题。最后, 提出基于博弈理论的多智能体强化学习算法的资源优化策略, 基于多智能体强化学习实现任务卸载博弈的纳什均衡, 并基于凸优化理论提出最优资源分配方案, 实现最大化资源利用效率。第三, 设计车载信息物理融合质量-开销均衡策略, 为实现高质量低成本车载信息物理融合系统提供理论支持。首先, 考虑视图中信息的及时性与一致性需求, 建立车载信息物理融合质量模型。然后, 考虑视图构建中感知信息的冗余度、感知开销与传输开销, 建立车载信息物理融合开销模型。最后, 提出基于多目标多智能体强化学习的质量与开销均衡策略, 实现高质量低成本可扩展车载信息物理融合。第四, 设计并实现一个基于车载信息物理融合的原型系统。首先, 提出基于车载信息物理融合系统优化的碰撞预警算法。其次, 搭建基于C-V2X 设备的硬件在环测试平台, 实现硬件在环性能验证。最后, 在真实车联网环境中, 实现基于车载信息物理融合的超视距碰撞预警原型系统, 进一步验证所提算法和系统模型的可行性和有效性。

论文层次清楚, 语句通顺。从论文看, 表明该生已系统深入掌握本专业坚实的基础理论知识, 具备较强的独立从事科研工作的能力。论文研究结果对于促进车载信息物理融合系统研究具有一定的参考价值, 符合博士学位论文要求。

论文的不足之处和建议

1. 中文摘要中不宜出现“本文”这样的字眼。
2. 第2章设计了包括应用层、控制层、虚拟层和数据层的车联网分层服务架构。是按照何种逻辑进行各层划分的？其依据是什么？感觉阐述不够清楚。
3. 第3章中所卸载任务所需的计算资源是如何确定的？因为在实际的应用场景中，一般不太可能在任务执行前就知道其具体所需的计算资源。
4. 第4章关于“质量”的定义比较抽象，建议结合实例加强说明和阐述。
5. 论文内容的组织逻辑性有待加强。第2、3、4、5章给人感觉是分别是四篇论文的拼接，没有完全形成一个统一的有机整体。例如，不同章节使用的测试数据集还不完全一样，特别是后面基本上未见使用第2章所提出的网络分层架构。如果能够针对第5章所说的具体应用，利用第2章所提出的分层架构，在统一的数据集上进行测试分析，更利于促进研究结果的落地应用。

是否同意答辩	B学位论文基本达到博士学位水平，需做少量修改，经导师审定同意后答辩
是否推荐参评校级、省（直辖市）级优秀学位论文	不推荐