



轻量化高可靠的边缘数据协同框架

唐震, 吴恒, 吴嘉俊, 孙浩, 贺凯, 周亦轩, 刘薛浒

软件工程技术研究开发中心

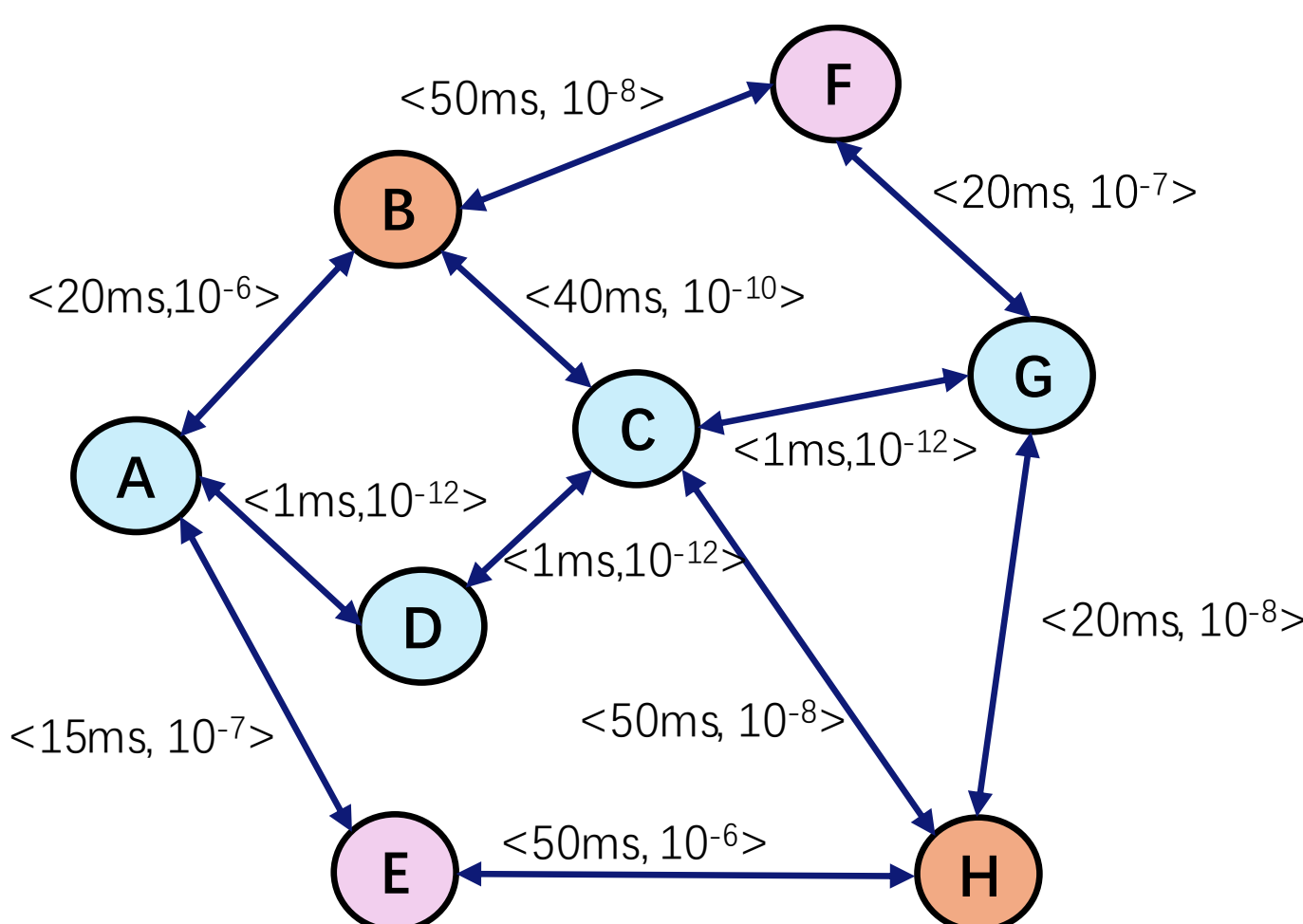
联系人：唐震，15652917972，tangzhen12@otcaix.iscas.ac.cn

系统简介

动态边缘场景存在与云端数据中心迥异的特征，面临如下维度的挑战，对数据协同框架的能力提出了新的要求

- **可用资源**：边缘计算节点、传感器等设备的算力、网络和存储资源受限，部分设备存在功耗和可用能源的限制
- **数据特征**：数据规模涵盖KB级至GB级，数据关联至特定的边缘计算任务，数据的访问模式和重要程度存在差异
- **可靠性**：数据在传输和存储过程的任意时刻均可能出错

为应对上述挑战，我们设计实现了轻量化高可靠的边缘数据协同框架以满足动态边缘场景下的多样化需求



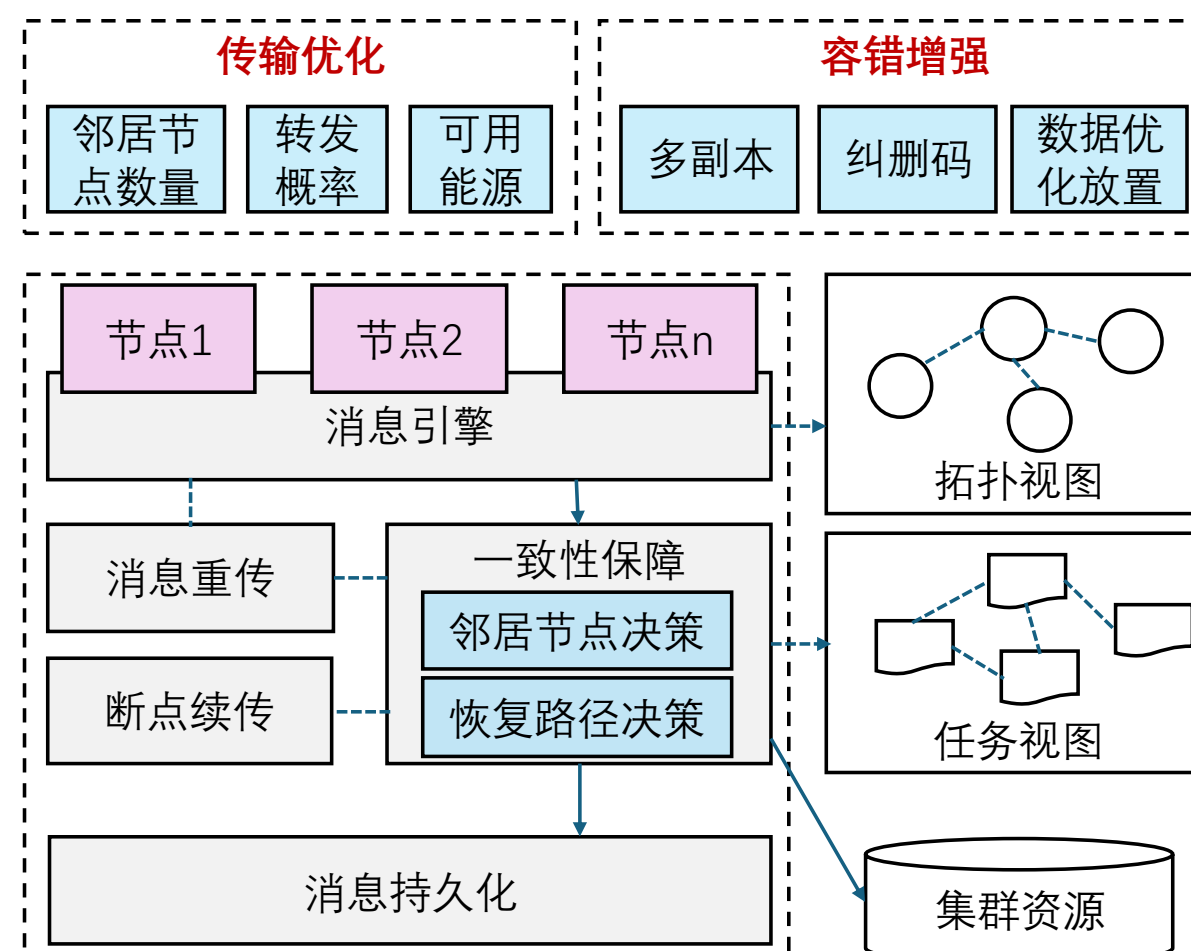
边缘节点拓扑图示例，边权重为节点间延迟和误码率

功能指标

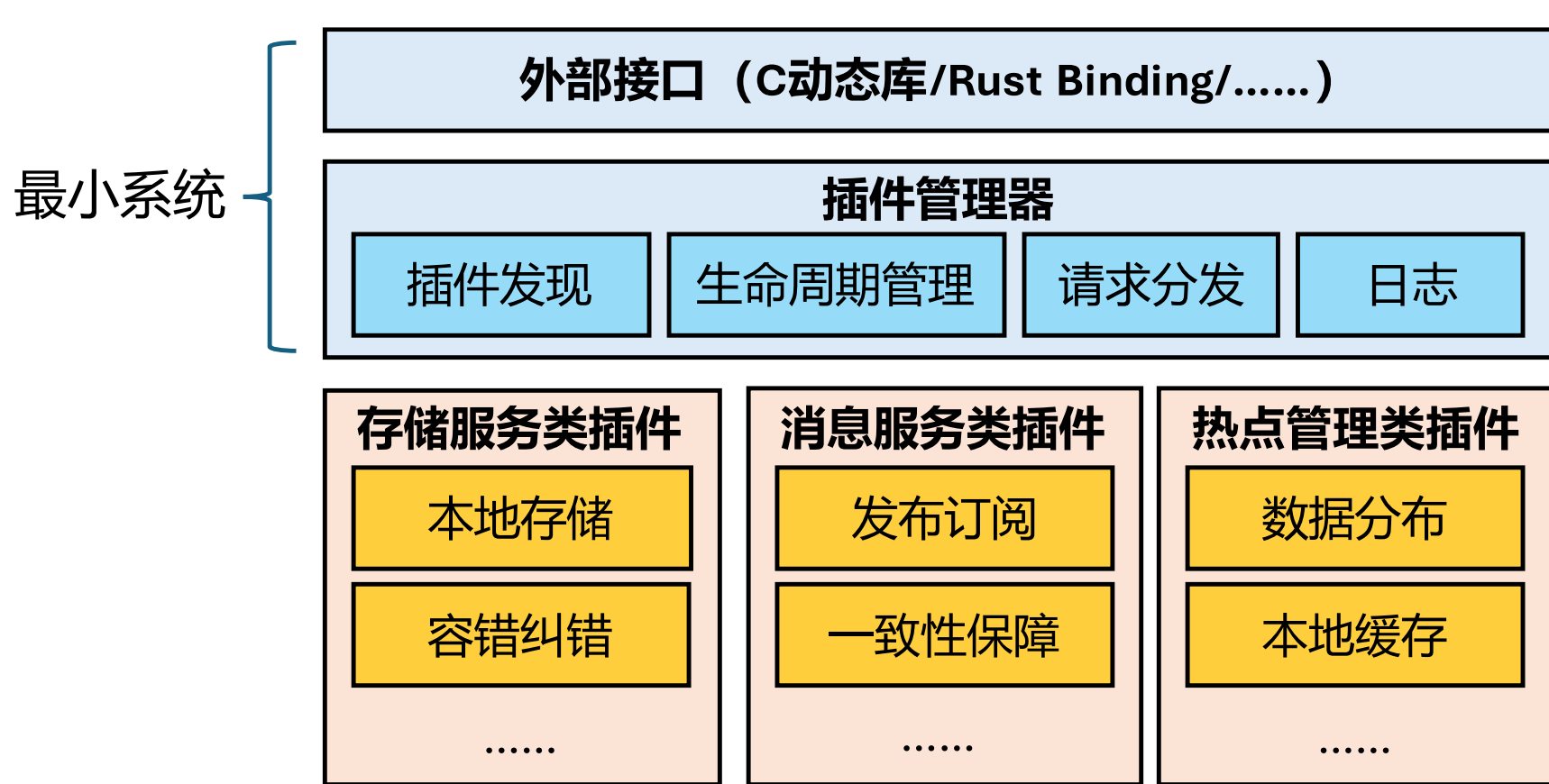
- **轻量化**：基于C++实现，启用所有功能时二进制文件小于5MB，空载时内存占用小于20MB
- **高可扩展**：基于插件系统，可针对不同场景需求启用特定插件，支持运行时加载、卸载、更新插件
- **高可靠**：支持TCP/UDP/QUIC等不同可靠性的底层通讯协议，支持数据多副本、纠删码容错、完整性校验

创新点

- **节点管理**：结合任务特征和能耗计算邻居节点评分，确定优化的转发节点数量和转发概率，降低冗余消息并提升性能
- **数据放置**：结合数据依赖、任务对数据的亲和性、数据副本数计算放置权重，确定优化的数据放置位置和访问路径
- **数据容错**：结合数据访问模式和关联任务阶段计算重要性指标，确定容错算法及参数、校验数据的存储位置和恢复路径



技术细节



轻量化插件管理器：支持以动态库或静态库的方式扫描并注册插件，支持插件依赖关系解析、插件动态发现和互操作

- **最小可用系统**：仅包含插件管理器和外部接口，降低攻击面和程序出错带来的恢复成本，提升可用性
- **插件度量**：加载插件前验证文件完整性和插件有效性，出错时自动从其他可用副本加载插件，提升可靠性
- **热插拔**：运行时加载新版本插件，功能更新时服务不中断

应用领域

低空经济：支撑无人机协同场景及相关应用

- **多源数据融合**：实时采集气象数据、地理信息、城市环境特征等，进行数据融合与分析
- **低空物流**：使用物流无人机响应复杂需求，支撑应急物资运输等场景，实现精准投递
- **智慧城市**：协助完成远程交通疏导、事故处理、交通监管等任务

