

云边协同卫星数据服务与“刷脸”系统及方法

丁治明, 张硕, 潘远明, 戴上军, 刘胜旺, 陈新国

zhiming@iscas.ac.cn

背景与挑战

“刷脸”计算: 通过卫星局部观测数据, 计算并推断出全球全域空间环境参数(如中性大气密度、电子密度等)的分布。“刷脸”计算结果为卫星在轨智能行为(如自主轨控、任务规划)和空间天气预警提供关键、有时效性的全域环境信息支撑。

核心挑战: 时效性瓶颈 —— 获取高时效性的“刷脸”结果面临挑战:

- **传统地面计算模式:** 数据需下传地面处理, 涉及星地传输、地面排队计算等环节, 导致结果严重滞后(可达数小时), 难以服务于星上即时需求
- **单星在轨计算模式:** 为保证结果准确性, 单颗卫星需积累一小时或更长时间的自身观测数据, 此数据积累时间构成了时效性的主要瓶颈

云边协同数据服务

总体目标: 旨在显著提升“刷脸”计算结果的时效性, 同时通过利用更丰富、多样化的数据输入, 进一步增强计算结果的准确性与稳定性

实现途径 —— 通过构建云边协同数据服务框架, 以实现:

- **克服单星数据积累延迟:** 通过云侧(地面)和边侧(他星)的数据协同, 使“刷脸”卫星能够快速获取多源数据, 无需再长时间等待自身数据积累
- **整合多源异构数据资源:** 高效整合利用来自多颗卫星、跨越不同轨道和观测时段的观测数据, 快速形成满足“刷脸”计算要求的输入数据集
- **构建高效协同处理框架:** 建立了一个支持多源数据发现、订阅、推送与融合的协同处理框架, 为快速、准确的“刷脸”计算提供强大的数据支撑

架构与关键技术

云边协同系统架构 —— 从数据与计算视角:

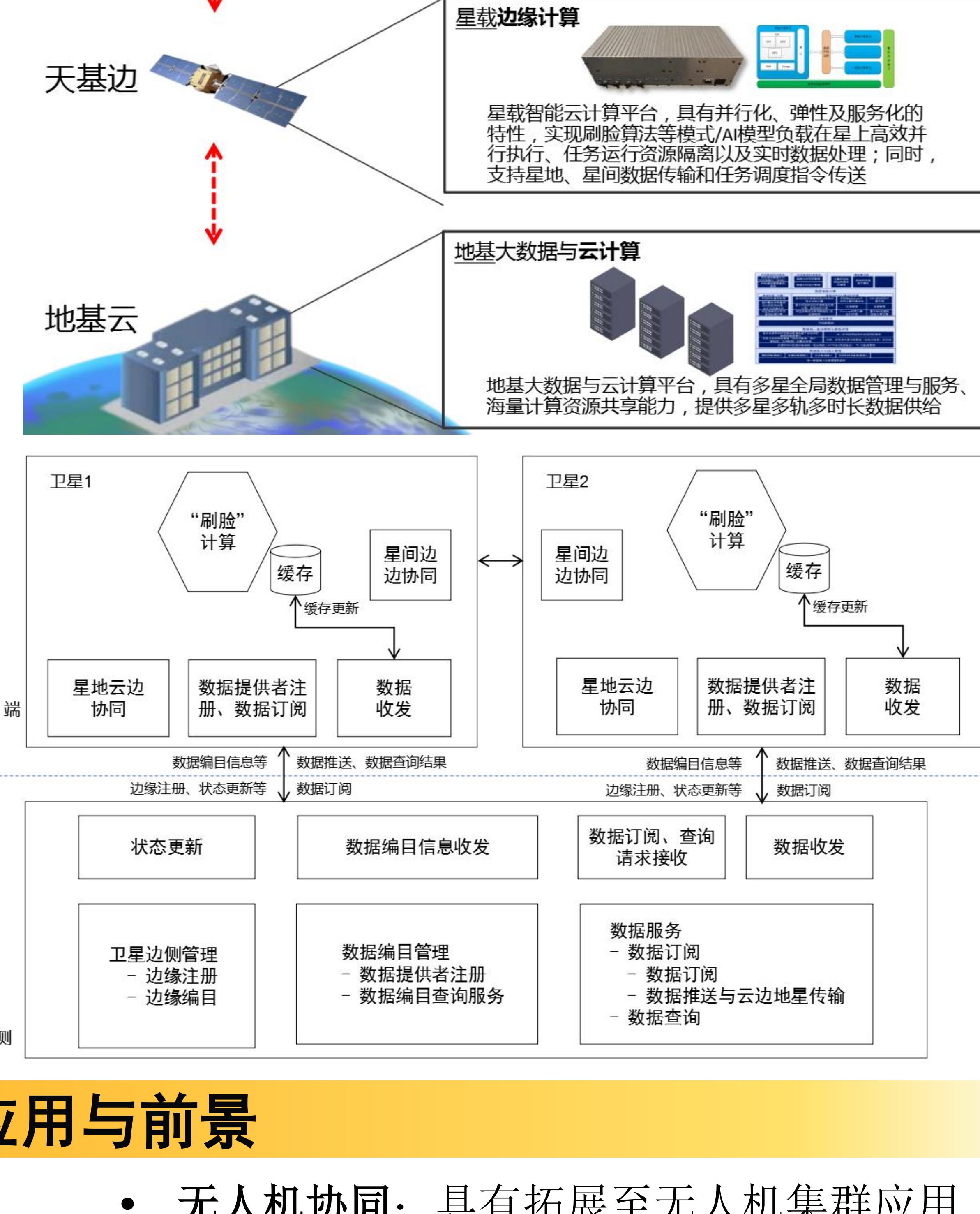
- 端侧提供本星观测数据、边侧提供星上在轨运行计算环境(在轨计算与协同)
- 云侧提供其他多星、多轨、多时长数据及全局融合数据(全局管理与服务)

核心关键技术

- **全局数据编目:** 云侧构建全局数据目录, 提供跨星数据发现与订阅服务
- **多渠道数据协同方法:** 支持“云-边”和“边-边”(星间)两种数据协同模式, 兼顾全局数据获取与低延迟星间共享
- **数据主动订阅与推送机制:** 变被动查询为主动推送, 最大化数据获取效率

性能突破

- **全域构建等待时间:** 从传统模式的小时级缩短至分钟级
- **标志性技术进步:** 实现了低等待时间的全域空间环境构建, 并通过多源数据融合增强了结果的稳定性与准确性



应用与前景

- **卫星运行指导:** 赋能智能在轨决策, 近实时的全域“刷脸”结果, 将卫星运行指导从依赖地面分析的“慢决策”, 升级为在轨自主的“快响应”

- **无人机协同:** 具有拓展至无人机集群应用的潜力, 实现多机之间的数据协同, 支撑集群协同感知与决策(如应急等领域)

基于观测数据并结合空间天气机理的全域模式空间天气智能预报模拟

