

船舶 XBOM 增量更新算法-技术需求

1. 总体要求

投标人须设计并实现一套 XBOM（扩展 BOM）增量更新算法，支持在 BOM 频繁变更场景下的高效、准确、一致性更新。算法需涵盖变更检测、影响分析、增量传播、冲突消解、版本控制等核心环节，确保多视图、多版本 BOM 的协同更新与数据同步。系统需支持大规模分布式环境，处理万级节点的 BOM 数据，保持高性能和高可靠性。算法设计需考虑实时性要求，支持毫秒级变更响应和秒级数据同步。提供完整的数据一致性保证，包括强一致性、最终一致性、因果一致性等多种一致性模型。实现方案需具备良好的容错性和可恢复性，确保在系统故障、网络中断、数据损坏等异常情况下数据不丢失、不损坏。

2. 算法功能要求

投标人须实现以下 5 个核心算法，并提供完整源代码及算法说明文档。

2.1 BOM 态射差分与增量传播引擎

功能要求：

- ① 实现高精度的变更检测算法，对比新旧 BOM 版本的完整状态，识别节点级别的增、删、改、移操作。
- ② 支持多粒度比较：节点级变更（节点增删）、属性级变更（属性值修改）、关系级变更（父子关系变化）、结构级变更（子树结构调整）。
- ③ 实现基于内容哈希的快速比较，使用 Merkle 树技术优化大规模 BOM 的比较性能。
- ④ 支持增量比较，仅比较变更部分而非全量数据。
- ⑤ 提供变更语义理解，识别变更的业务含义（如设计变更、工艺优化、成本调整）。
- ⑥ 输出结构化变更集合（change set），包含变更类型、目标节点标识、旧值快照、新值快照、变更时间戳、变更者信息、变更原因。

2.2 BOM 因果张力场与涟漪效应解析引擎

功能要求：

- ① 实现全面的影响分析算法，分析变更对多维度对象的影响范围。
- ② 分析维度包括：视图影响（EBOM/PBOM/MBOM 等不同视图）、版本影响（历史版本、分支版本）、系统影响（ERP/MES/PLM 等下游系统）、业务影响（成本/工期/质量等业务指标）。利用依赖图进行图遍历，建立完整的依赖关系模型。
- ③ 实现影响路径计算，找出从变更源到受影响目标的所有路径。
- ④ 提供影响程度评估，量化每个影响的大小和重要性。
- ⑤ 支持影响可视化，生成影响热力图、依赖关系图、影响传播图。
- ⑥ 实现影响预测，基于历史数据分析变更的潜在影响。

2.3 BOM 版本谱系超结构引擎

功能要求：

- ① 实现企业级版本控制系统，为每次增量更新生成完整版本。
- ② 版本模型基于有向无环图（DAG），支持版本分支、合并、标签、回滚。
- ③ 实现版本差异计算，快速比较任意两个版本的差异。
- ④ 支持版本快照和增量存储，优化存储空间。
- ⑤ 提供版本检索和查询，支持按时间、按标签、按内容搜索版本。
- ⑥ 实现版本权限控制，不同用户对版本有不同的访问和修改权限。
- ⑦ 支持版本生命周期管理，包括创建、审核、发布、归档、删除等状态。
- ⑧ 提供版本可视化，展示版本历史和分支关系。

2.4 BOM 多生态圈一致性投射与协调算法

功能要求:

- ① 实现可靠的跨系统数据同步算法，将 BOM 变更实时同步到外部系统（ERP、MES、PLM、SCM 等）。
- ② 支持多种同步模式：实时同步（变更立即传播）、批量同步（定时批量处理）、事件驱动同步（特定事件触发）。
- ③ 处理同步过程中的各种挑战：网络重试（自动重试失败同步）、幂等性（重复同步不产生副作用）、顺序保证（保持操作顺序）、一致性保证（最终一致性或强一致性）。
- ④ 实现同步状态监控，实时跟踪同步进度和状态。
- ⑤ 提供同步错误处理和恢复，同步失败时可自动或手动恢复。
- ⑥ 支持同步策略配置，不同系统采用不同的同步参数。

2.5 BOM 全息可观测性与认知预警引擎

功能要求:

- ① 实现全面的实时监控系统，对增量更新过程进行全方位监控。
- ② 监控指标包括：性能指标（更新延迟、吞吐量、资源使用率）、质量指标（更新成功率、数据一致性、错误率）、业务指标（变更频率、影响范围、用户满意度）。
- ③ 实现智能预警系统，基于监控数据预测潜在问题并提前预警。预警类型包括：性能预警（性能下降趋势）、容量预警（资源即将耗尽）、质量预警（错误率上升）、业务预警（异常变更模式）。
- ④ 提供预警规则定义，支持复杂的预警条件设置。
- ⑤ 实现预警通知和响应。
- ⑥ 支持预警分析和处理，记录预警处理过程和结果。

3. 技术指标要求

- ① 数据一致性：提供多种一致性级别选择：强一致性（更新后立即可见）、最终一致性（一段时间后达成一致）、因果一致性（保持因果关系）。
- ② 并发支持：支持大规模多用户并发更新，提供乐观锁、悲观锁、多版本并发控制（MVCC）等多种并发控制机制。并发控制性能高，锁竞争不影响系统整体性能。支持读写分离，读操作不阻塞写操作。并发用户数支持千级同时在线，万级并发请求处理。

4. 交付物要求

- ① 源代码：完整可编译/运行的算法实现，包含详细注释。
- ② 算法说明文档：每个算法的详细设计文档。

5. 验收标准

- ① 功能验收：所有算法功能通过完整的测试用例验证，测试覆盖率不低于 95%。
- ② 文档验收：算法说明文档完整、清晰，确保内容准确表述清晰、示例正确。
- ③ 代码质量：代码符合所选语言的通用规范，通过静态代码检查。注释覆盖率不低于 30%，关键算法需有详细注释。

