

第二届阿里中间件性能挑战赛

挑战双十一万亿级消息引擎



阿里中间件
ALI middleware

TIANCHI天池

Rapids团队
香港科技大学
车煜林 王立鹏 赖卓航

- 1、赛题理解、核心思路概览
- 2、重放计算流水线、网络传输落盘设计
- 3、工程价值、通用性分析
- 4、Tricks分析
- 5、版本演进、比赛总结

赛题要求 - 数据库主从增量同步

- 输入，在Server端
 - 1GB日志文本的文件10个
 - 单线程顺序读取文件1次，模拟流式处理场景
- 输出，在Client端
 - 在查询范围内，按主键排序的记录行
- 比赛环境
 - 两台配置相同的，16逻辑CPU核的虚拟机
 - JVM堆上限3GB，Direct Memory上限200MB

赛题理解 – 单库单表重放，范围查询

- 日志数据
 - 单库单表，数据库初始为空
 - 数据操作：insert key, delete key, update property, update key
 - DDL解析：通过第一条日志可获取单表的字段信息
 - 表字段的长度有确定范围
- 查询范围
 - range在(1,000,000, 8,000,000)
 - 输出文件大小大约38MB，网络带宽不会成为系统瓶颈

赛题要点 – 处理并发和同步，优化内存使用

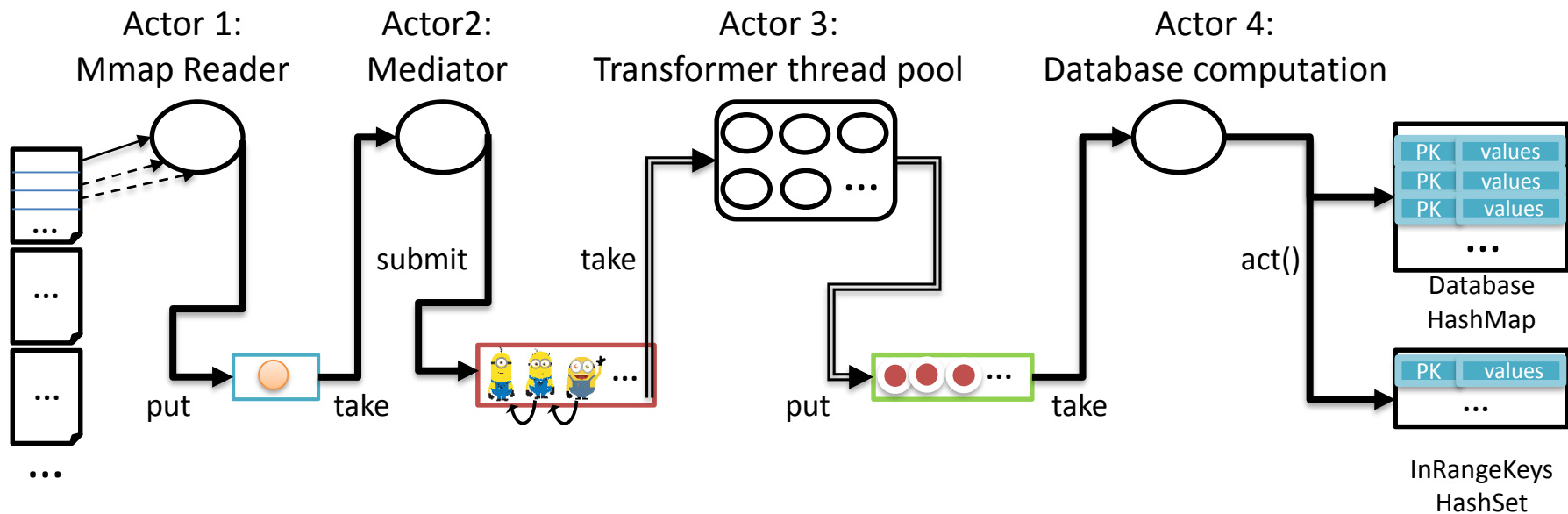
- 评测环境特点
 - 多线程，需解决并发同步问题
 - 输入文件在ramfs，顺序单线程访问所需时间2.5s
- 设计和优化要点
 - 设计好计算流水线，来overlap计算和IO
 - 并行处理解析日志文本，保证重放顺序
 - 文件读取采用mmap，load
 - 网络传输和落盘采用zero-copy方式
 - 优化内存使用，减少小对象overhead
 - hashmap和hashset，采用高效的probing方式找slot

核心思路 - 8.9s通用版本

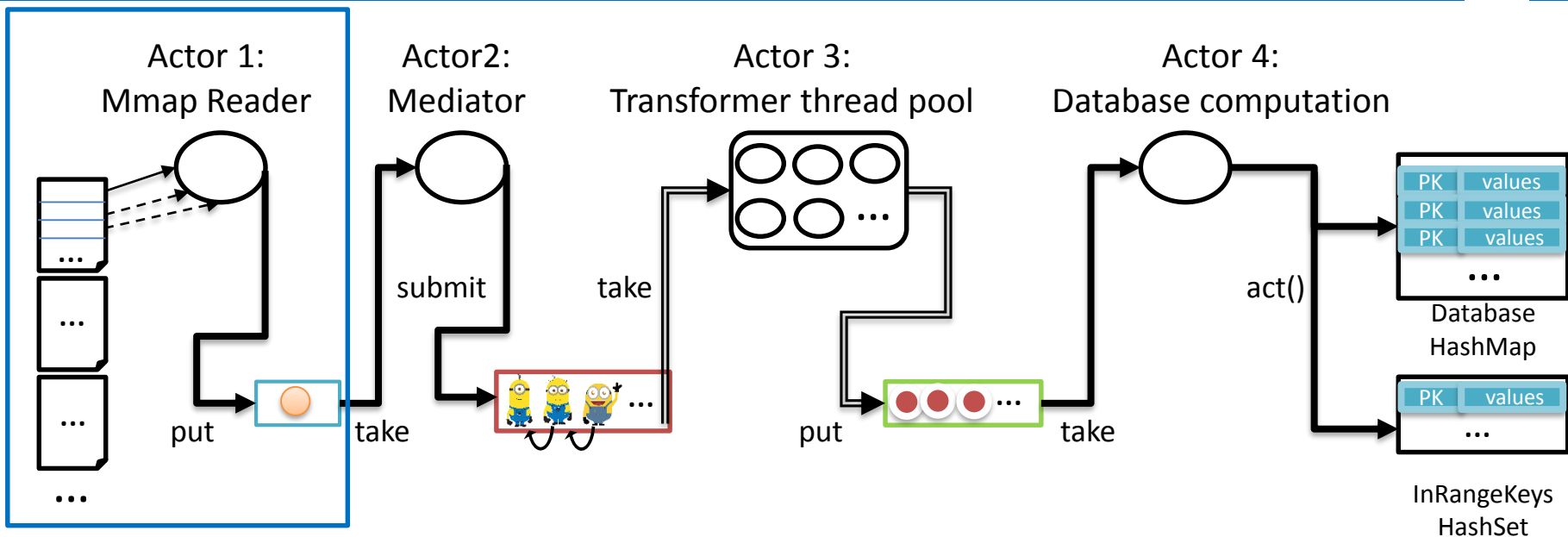
- 重放计算第一阶段 - 流水线计算 (7.25s)
 - 单线程顺序读取文件，mediator分配任务，并行解析日志文本
 - 通过同步，保证重放计算顺序
- 重放计算第二阶段 – 并行evaluate (0.25s)
 - 查询范围内集合转化为数组
 - 并行产生落盘数据(ConcurrentSkipListMap保证有序)
- 重放计算第二阶段后 - 网络传输和落盘 (0.25s)
 - 遍历 ConcurrentSkipListMap，产生出结果文件对应的 byte[]
 - 使用 zero-copy，传输落盘

- 1、赛题理解、核心思路概览
- 2、重放计算流水线、网络传输落盘设计
- 3、工程价值、通用性分析
- 4、Tricks分析
- 5、版本演进、比赛总结

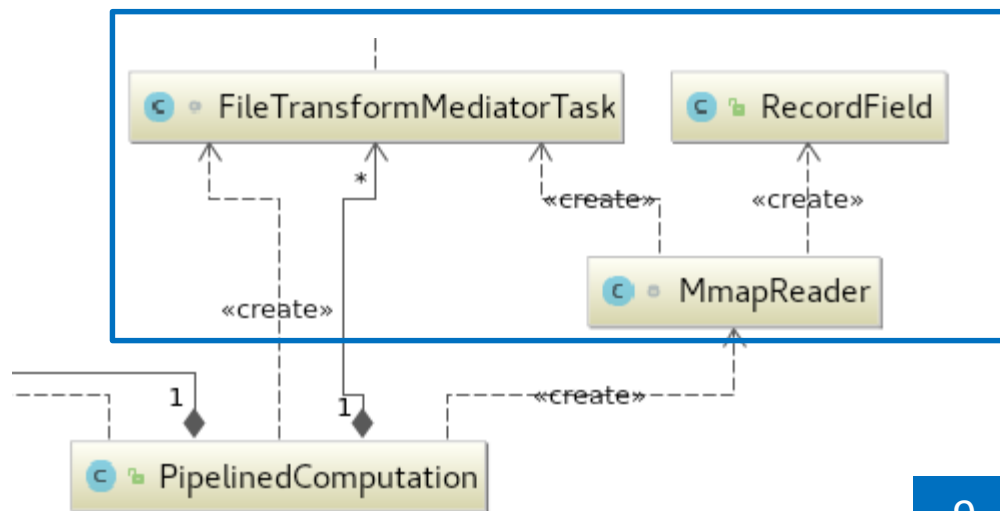
第一阶段 - 流水线设计



Actor 1: MmapReader (主线程)



- 初始化RecordField
- 生产FileTransformMediatorTask



MmapReader 职责 – 初始化DDL信息

- 初始化RecordField: 首次读取文件时, 初始化单表字段信息

```
public static Map<ByteBuffer, Integer> fieldIndexMap = new HashMap<>();  
static int[] fieldSkipLen;  
public static int FILED_NUM;  
static int KEY_LEN;
```

MmapReader 职责 – 生产任务

- 生产 FileTransformMediatorTask
 - 生产 🟡 (64MB大小的mmap chunk), 放入容量为1的task queue
 - 通过load保证了流式读取的要求

```
private void fetchNextMmapChunk() throws IOException {
    int currChunkLength = nextIndex != maxIndex ? CHUNK_SIZE : lastChunkLength;

    MappedByteBuffer mappedByteBuffer = fileChannel.map(FileChannel.MapMode.READ_ONLY, nextIndex * CHUNK_SIZE, currChunkLength);
    mappedByteBuffer.load();

    if (!RecordField.isInit()) {
        new RecordField(mappedByteBuffer).initFieldIndexMap();
    }

    try {
        mediatorTasks.put(new FileTransformMediatorTask(mappedByteBuffer, currChunkLength));
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

MmapReader 职责 – 生产任务

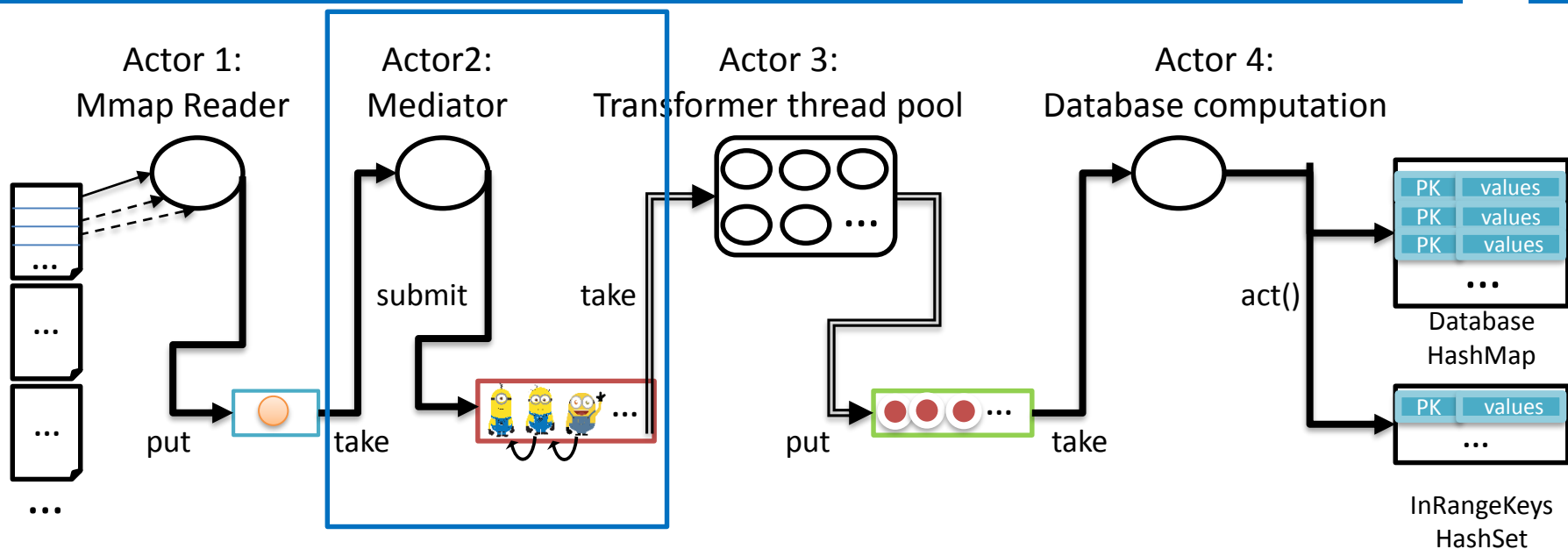
- 生产 FileTransformMediatorTask
 - 生产 🟡 (64MB 大小的 mmap chunk), 放入容量为 1 的 task queue
 - 通过 load 保证了流式读取的要求
 - 内存中至多存在 3 份 mmap chunk: actor1 mmap reader 中 1 份, actor2 mediator 中各 1 份, blocking queue 中 1 份, 合计 192MB

```
private void fetchNextMmapChunk() throws IOException {
    int currChunkLength = nextIndex != maxIndex ? CHUNK_SIZE : lastChunkLength;

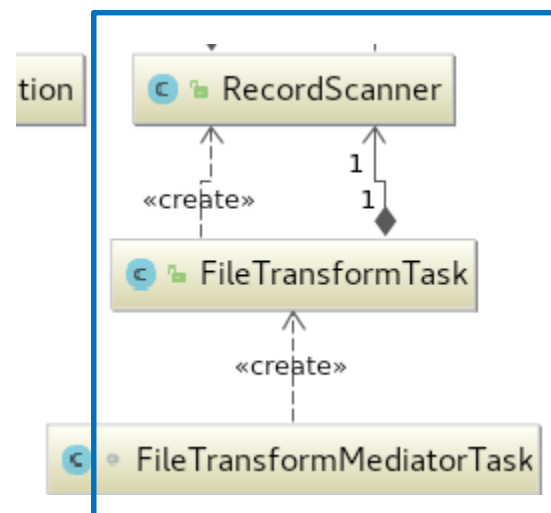
    MappedByteBuffer mappedByteBuffer = fileChannel.map(FileChannel.MapMode.READ_ONLY, nextIndex * CHUNK_SIZE, currChunkLength);
    mappedByteBuffer.load();
    if (!RecordField.isInit()) {
        new RecordField(mappedByteBuffer).initFieldIndexMap();
    }

    try {
        mediatorTasks.put(new FileTransformMediatorTask(mappedByteBuffer, currChunkLength));
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

Actor 2: Mediator (单个线程)

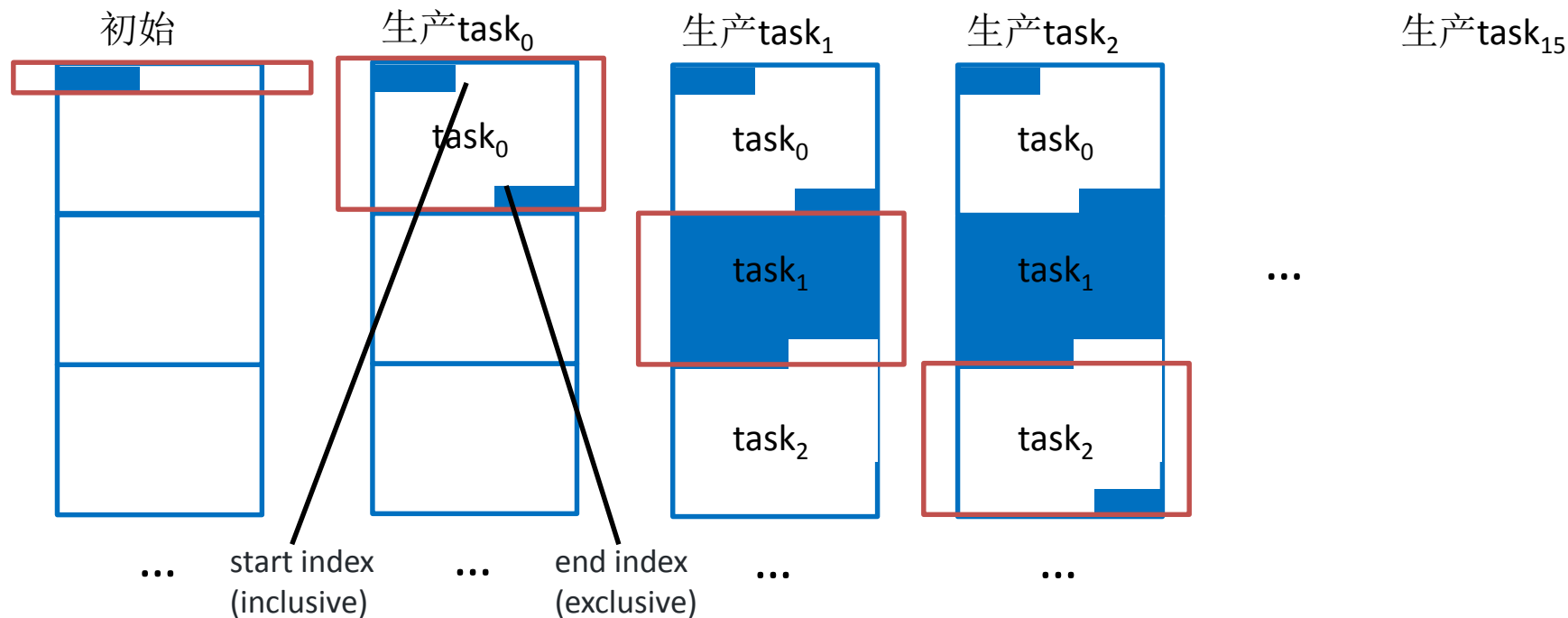


- 分割mmap chunk，保证每一个transformer处理完整的记录
- 缓存mmap chunk尾部不足一行日志文本的byte[]，交给下一轮第一个transformer处理
- 处理前后任务间依赖



Mediator 职责 – 分配transformer任务

- 把🟡 (64MB 的 mmap chunk)静态分割成16份；保证每一个transformer处理完整的日志行



- task开始index: 在|mysql...的|上
- task结束index: 在\n的后一个上

Mediator 职责 – 处理尾部byte[]

- (64MB mmap chunk)尾部byte[]不足一个完整日志行
- 缓存尾部byte[], 存入prevRemainingBytes

```
prevRemainingBytes.clear();  
for (int i = end; i < currChunkLength; i++) {  
    prevRemainingBytes.put(mappedByteBuffer.get(i));  
}
```

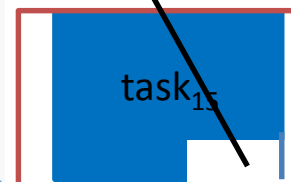
- 下一轮让第一个👤(transformer task)额外处理

```
// index pair  
int start;  
int end = preparePrevBytes();  
  
// 1st: first worker  
start = end;  
end = computeEnd(avgTask - 1);  
FileTransformTask fileTransformTask;  
  
if (prevRemainingBytes.limit() > 0) {  
    ByteBuffer tmp = ByteBuffer.allocate(prevRemainingBytes.limit());  
    tmp.put(prevRemainingBytes);  
    fileTransformTask = new FileTransformTask(mappedByteBuffer, start, end, tmp, prevFuture);  
} else {  
    fileTransformTask = new FileTransformTask(mappedByteBuffer, start, end, prevFuture);  
}
```

生产task₁₅

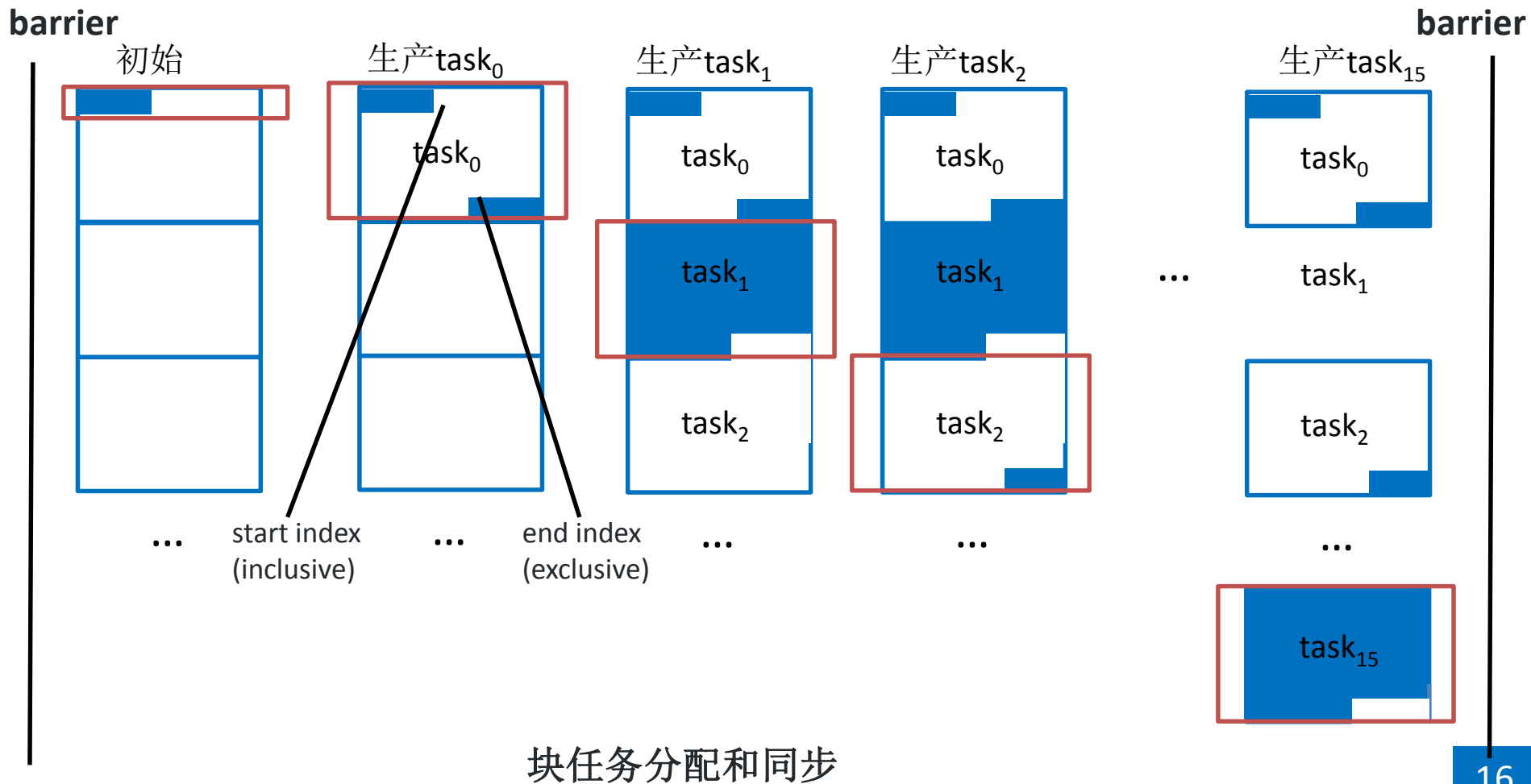


...



Mediator 职责 – 块同步, unmap

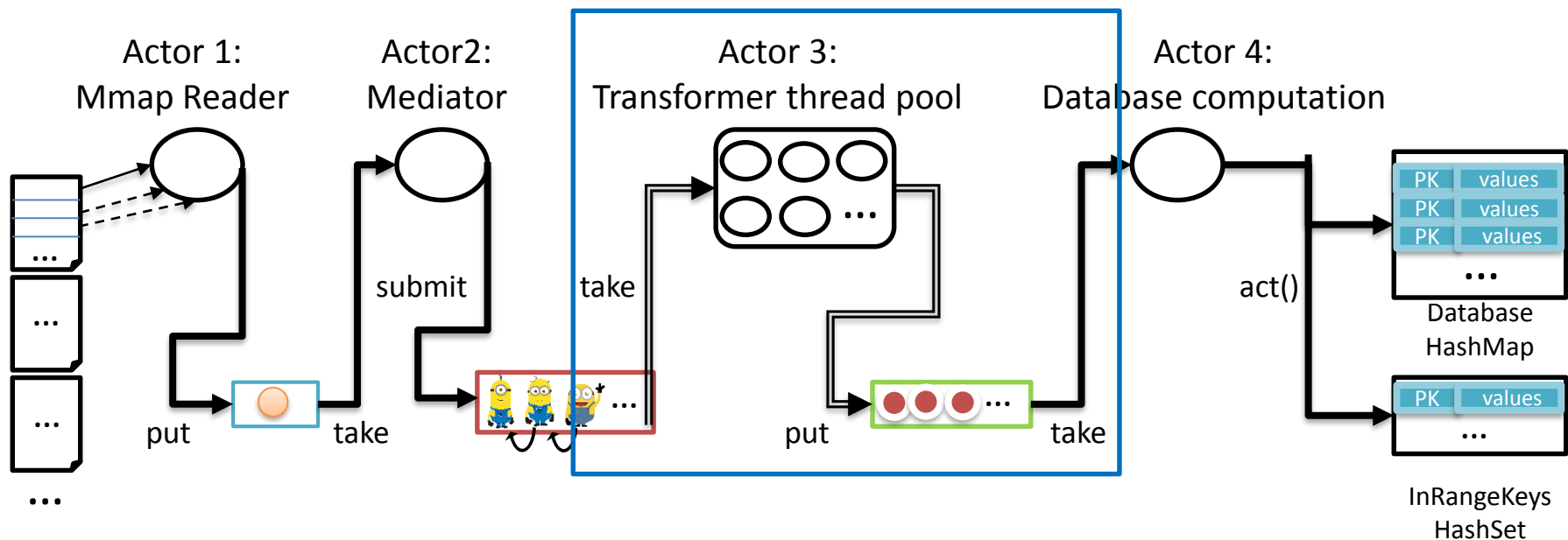
- 每处理完一个 🟡 (64MB mmap chunk), 一次块同步, 进行unmap, 保证mediator只会持有1份mmap chunk



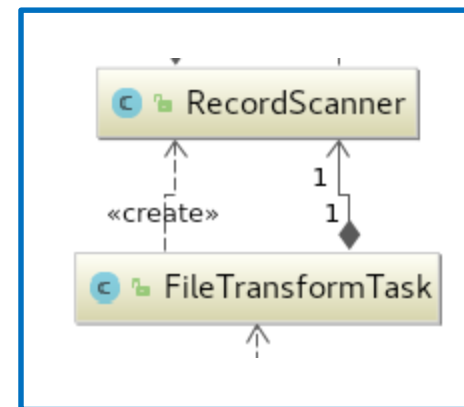
Mediator 职责 - 处理任务间依赖

- 生产给transformer的任务分为两个环节
 - 解析日志文本，得到LogOperation
 - 把 📍 (LogOpeartion[])放入重放计算队列
- 保证重放时候的顺序性：后一个transformer任务的第二环节等待前一个任务完成
 - 通过submit获取future
 - future.get() 进行condition wait

Actor 3: Transformer Pool (16线程)

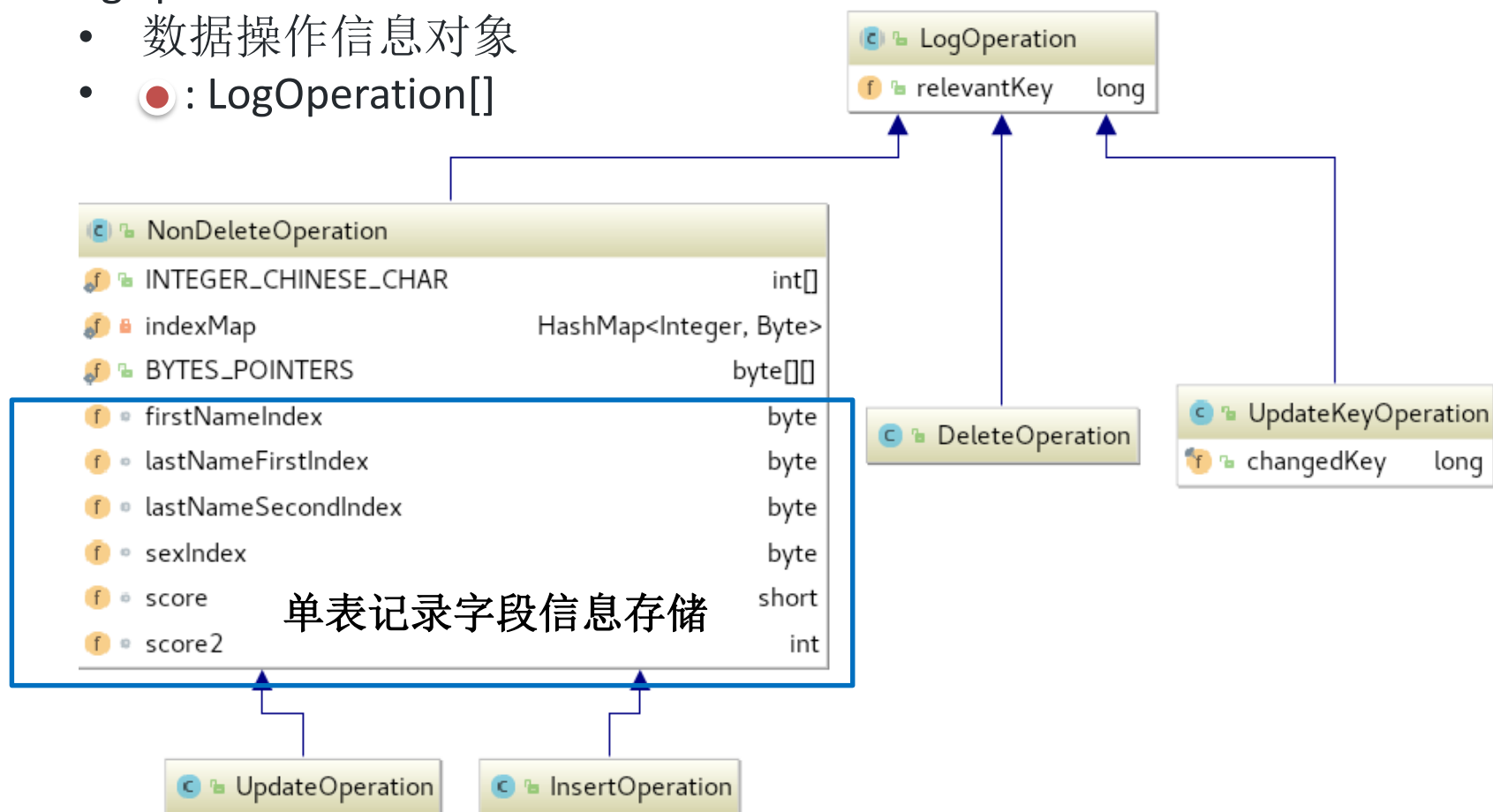


- 执行 🧑 (mediator创建的transformer task)
- 生产 📍 (LogOpeartion[])



解析出的LogOperation类型

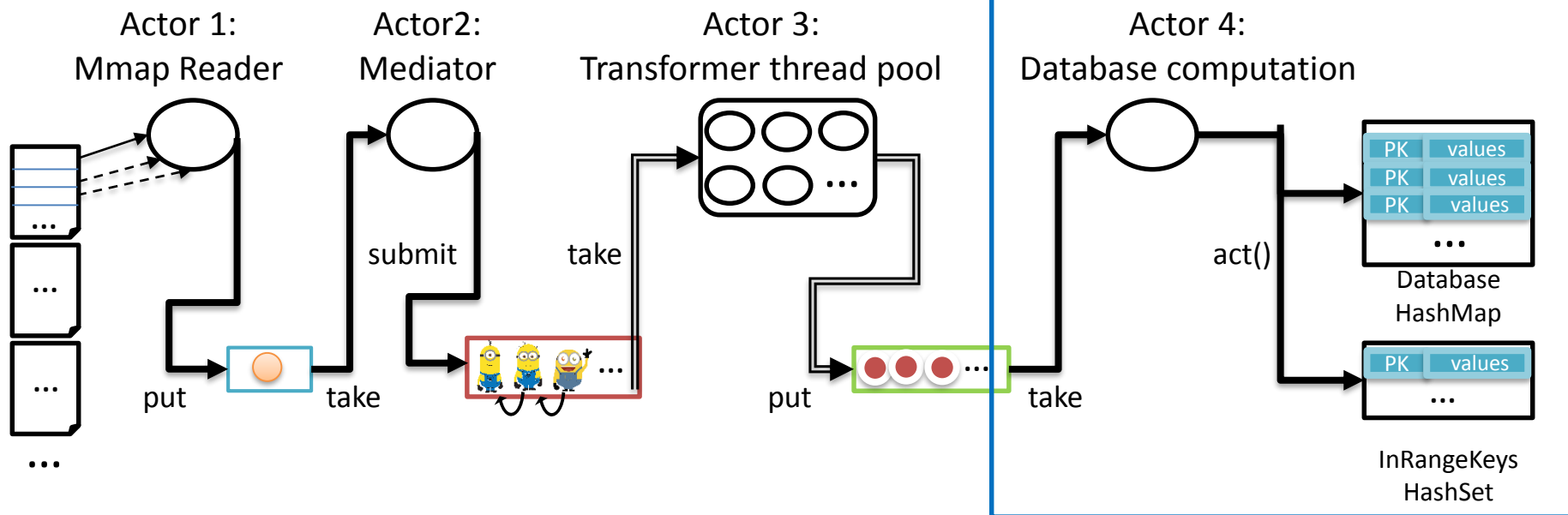
- LogOperation
 - 数据操作信息对象
 - : LogOperation[]



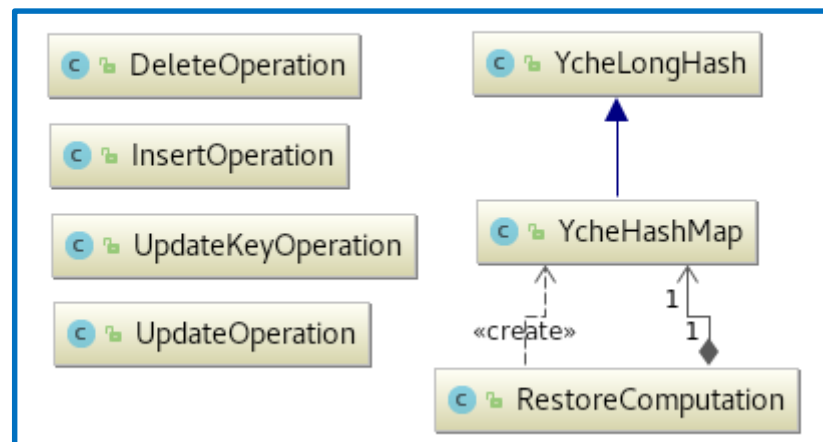
LogOperation特点和生命周期

- InsertOperation
 - 记录所有属性
 - 存活时间长，仅仅当被删除时候或Update主键时候死亡
 - 用来evaluate出对应落盘的byte[]
- DeleteOperation
 - 快速消费
- UpdateOperation
 - 快速消费
- UpdateKeyOpeartion
 - 快速消费

Actor 4: Computation Worker (单个线程)



- 重放数据库
- 维护查询范围内记录集合



Actor 4: Computation Worker (单个线程)

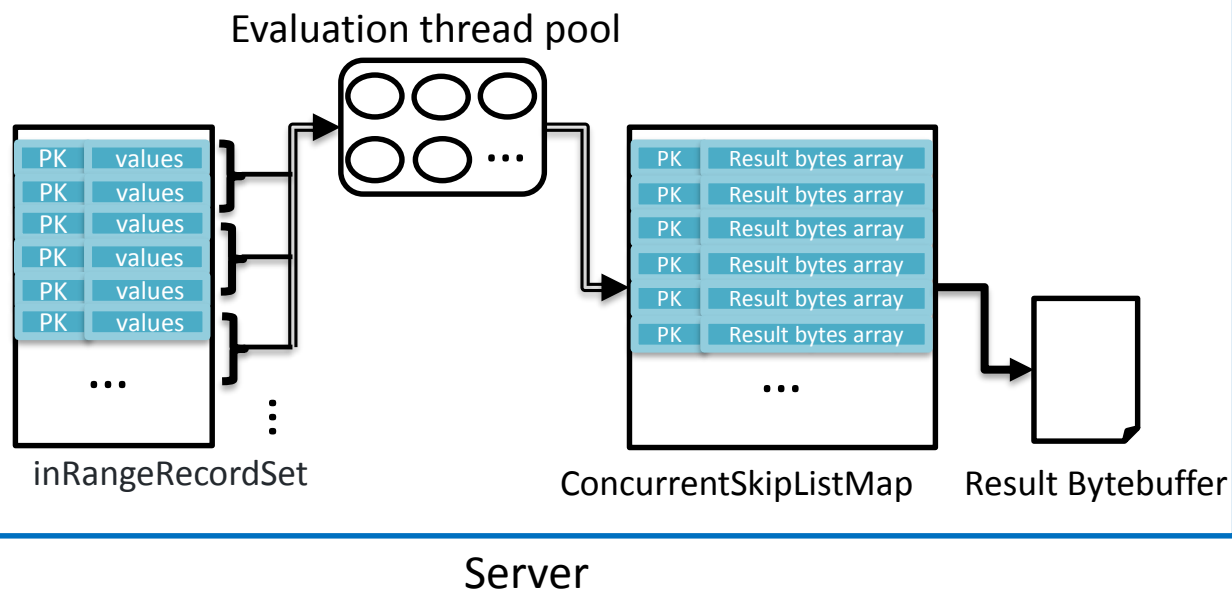
- 数据结构
 - hashmap: 数据库中所有记录
 - hashset: 范围内的记录

```
public static YcheHashMap recordMap = new YcheHashMap(24 * 1024 * 1024);  
public static THashSet<LogOperation> inRangeRecordSet = new THashSet<>(4 * 1024 * 1024);
```

- 数据库重放计算
 - 对LogOperation采取对应的行为，更新recordMap和inRangeRecordSet

```
static void compute(LogOperation[] logOperations) {  
    for (LogOperation logOperation : logOperations) {  
        logOperation.act();  
    }  
}
```

第二阶段 - 并行evaluate (16线程)



○ Thread (Actor)

➡ User-space single thread operation data flow

⇒ User-space Multiple thread operation data flow

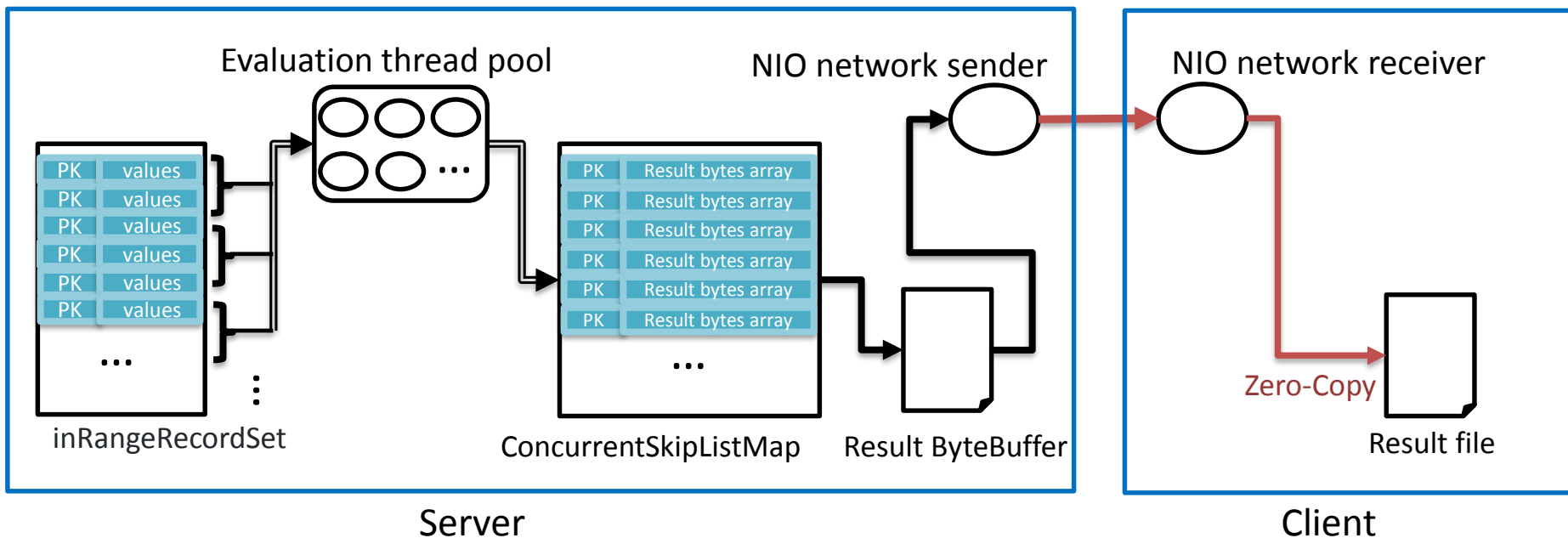
第二阶段 – evaluate getOneLineBytesEfficient

NonDeleteOperation	
INTEGER_CHINESE_CHAR	int[]
indexMap	HashMap<Integer, Byte>
BYTES_POINTERS	byte[][]
firstNameIndex	byte
lastNameFirstIndex	byte
lastNameSecondIndex	byte
sexIndex	byte
score	short
score2	int
toChineseChar(byte)	String
toInt(byte[], int)	int
getIndexOfChineseChar(byte[], int)	byte
addData(int, ByteBuffer)	void
mergeAnother(NonDeleteOperation)	void

InsertOperation	
changePK(long)	void
getLongLen(long)	int
parseLong(long, byte[], int, int)	void
parseSingleChar(byte, byte[], int)	void
getOneLineBytesEfficient()	byte[]
act()	void

- 调优：替换StringBuilder，直接操作byte[]
- 提升0.5s cost减到 0.25s

第二阶段后 - Zero-Copy 网络传输落盘



- 1、赛题理解、核心思路概览
- 2、重放计算流水线、网络传输落盘设计
- 3、工程价值、通用性分析
- 4、Tricks分析
- 5、版本演进、比赛总结

工程背景的契合度

- 简洁的流水线设计
 - 解耦了各模块，提高了模块的重用性和扩展性
 - 各模块参数可调，例如线程数、task queue容量
 - mmap reader: 符合流式处理规则
 - mediator: 解耦任务依赖
 - transformer: 解析Log文本，产生数据操作对象
 - computation worker: 支持不同数据集
- 扩展到实际场景：作为canal后续模块，多表多范围对应多client重放
 - 流水线主体逻辑可复用
 - 变更1: 解析时，不同表对应不同RecordScanner和NonDeleteOperation
 - 变更2: 重放时，(1个表，1个范围) 对应 (1个hashmap, 1个hashset)

健壮性 1 – 不同数据集适应性

- 针对不同数据操作的通用性设计，可以适应下面情形
 - 基于单表的，含有不同DML操作的不同的数据集
 - 主键在不同范围，例如含有 2^{63}

健壮性 2 – 针对不同表通用化

- 观察：字段信息和字段长度范围是基本确定的
- 修改：LogOperation类的相关方法

```
public void addData(int index, ByteBuffer byteBuffer) {  
    switch (index) {  
        case 0:  
            firstNameIndex = getIndexOfChineseChar(byteBuffer.array(), 0);  
            break;
```

```
public void mergeAnother(NonDeleteOperation nonDeleteOperation) {  
    if (nonDeleteOperation.score != -1) {  
        this.score = nonDeleteOperation.score;  
        return;  
    }  
}
```

NonDeleteOperation	
INTEGER_CHINESE_CHAR	int[]
indexMap	HashMap<Integer, Byte>
BYTES_POINTERS	byte[][]
firstNameIndex	byte
lastNameFirstIndex	byte
lastNameSecondIndex	byte
sexIndex	byte
score	short
score2	int

健壮性 2 – 针对不同表通用化

- 观察：字符集是确定的，有限的
- 修改：字符集

```
public static int[] INTEGER_CHINESE_CHAR = {14989440, 14989441, 14989443, 14989449, 14989450, 14989465, 14989712, 14989713, 14989714, 14989715, 14989716, 14989717, 14989718, 14989719, 14989720, 14989721, 14989722, 14989723, 14989724, 14989725, 14989726, 14989727, 14989728, 14989729, 14989730, 14989731, 14989732, 14989733, 14989734, 14989735, 14989736, 14989737, 14989738, 14989739, 14989740, 14989741, 14989742, 14989743, 14989744, 14989745, 14989746, 14989747, 14989748, 14989749, 14989750, 14989751, 14989752, 14989753, 14989754, 14989755, 14989756, 14989757, 14989758, 14989759, 14989760, 14989761, 14989762, 14989763, 14989764, 14989765, 14989766, 14989767, 14989768, 14989769, 14989770, 14989771, 14989772, 14989773, 14989774, 14989775, 14989776, 14989777, 14989778, 14989779, 14989780, 14989781, 14989782, 14989783, 14989784, 14989785, 14989786, 14989787, 14989788, 14989789, 14989790, 14989791, 14989792, 14989793, 14989794, 14989795, 14989796, 14989797, 14989798, 14989799, 14989800, 14989801, 14989802, 14989803, 14989804, 14989805, 14989806, 14989807, 14989808, 14989809, 14989810, 14989811, 14989812, 14989813, 14989814, 14989815, 14989816, 14989817, 14989818, 14989819, 14989820, 14989821, 14989822, 14989823, 14989824, 14989825, 14989826, 14989827, 14989828, 14989829, 14989830, 14989831, 14989832, 14989833, 14989834, 14989835, 14989836, 14989837, 14989838, 14989839, 14989840, 14989841, 14989842, 14989843, 14989844, 14989845, 14989846, 14989847, 14989848, 14989849, 14989850, 14989851, 14989852, 14989853, 14989854, 14989855, 14989856, 14989857, 14989858, 14989859, 14989860, 14989861, 14989862, 14989863, 14989864, 14989865, 14989866, 14989867, 14989868, 14989869, 14989870, 14989871, 14989872, 14989873, 14989874, 14989875, 14989876, 14989877, 14989878, 14989879, 14989880, 14989881, 14989882, 14989883, 14989884, 14989885, 14989886, 14989887, 14989888, 14989889, 14989890, 14989891, 14989892, 14989893, 14989894, 14989895, 14989896, 14989897, 14989898, 14989899, 14989900, 14989901, 14989902, 14989903, 14989904, 14989905, 14989906, 14989907, 14989908, 14989909, 14989910, 14989911, 14989912, 14989913, 14989914, 14989915, 14989916, 14989917, 14989918, 14989919, 14989920, 14989921, 14989922, 14989923, 14989924, 14989925, 14989926, 14989927, 14989928, 14989929, 14989930, 14989931, 14989932, 14989933, 14989934, 14989935, 14989936, 14989937, 14989938, 14989939, 14989940, 14989941, 14989942, 14989943, 14989944, 14989945, 14989946, 14989947, 14989948, 14989949, 14989950, 14989951, 14989952, 14989953, 14989954, 14989955, 14989956, 14989957, 14989958, 14989959, 14989960, 14989961, 14989962, 14989963, 14989964, 14989965, 14989966, 14989967, 14989968, 14989969, 14989970, 14989971, 14989972, 14989973, 14989974, 14989975, 14989976, 14989977, 14989978, 14989979, 14989980, 14989981, 14989982, 14989983, 14989984, 14989985, 14989986, 14989987, 14989988, 14989989, 14989990, 14989991, 14989992, 14989993, 14989994, 14989995, 14989996, 14989997, 14989998, 14989999};  
private static HashMap<Integer, Byte> indexMap = new HashMap<>();  
public static byte[][] BYTES_POINTERS = new byte[INTEGER_CHINESE_CHAR.length][];  
  
static {  
    for (byte i = 0; i < INTEGER_CHINESE_CHAR.length; i++) {  
        indexMap.put(INTEGER_CHINESE_CHAR[i], i);  
        BYTES_POINTERS[i] = InsertOperation.toChineseChar(i).getBytes();  
    }  
}
```

NonDeleteOperation	
INTEGER_CHINESE_CHAR	int[]
indexMap	HashMap<Integer, Byte>
BYTES_POINTERS	byte[][]
firstNameIndex	byte
lastNameFirstIndex	byte
lastNameSecondIndex	byte
sexIndex	byte
score	short
score2	int

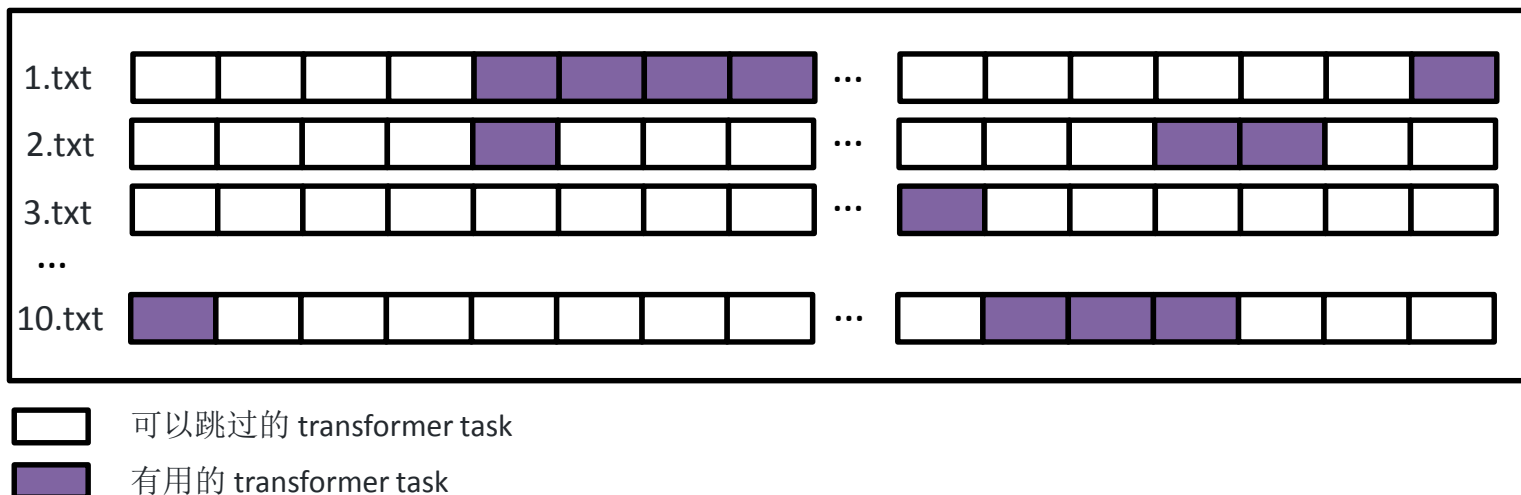
- 1、赛题理解、核心思路概览
- 2、重放计算流水线、网络传输落盘设计
- 3、工程价值、通用性分析
- 4、Tricks分析
- 5、版本演进、比赛总结

Trick 1: 利用Update Key特征

- 规律：主键变更，不需考虑原来主键的属性值
- 规律举例
 - 主键从1->3，主键1带来的属性一定会被全update；或者变更到最后不在range范围内，不需取出其属性
- 规律应用
 - 只要维护在范围内的主键相关记录，不会出现 2^{63} 的key有用
 - 使用array模拟hashmap表示对应的数据库
- 使用后效果
 - 8.9s -> 6.7s
 - 读取、解析、重放耗时：7.25s -> 5.00s

Trick 2: 选择真正有用的文件chunk计算

- 想法：统计出真正有用的transformer task，mediator只submit有用的任务
- 目的：减少transformer的任务和重放计算的任务



- 使用后效果
 - 6.7s->4.8s
 - 👤 (解析任务)个数为508个，原来总数2688个
 - 读取、解析、重放耗时：5.00s -> 3.25s

Trick 3: mmap后不load (我们团队未使用)

- 本地尝试: mmap后不load
- 本地效果
 - 除去网络传输, 运行时间: 3.50s -> 1.50s
- 预期线上效果
 - 加上评测程序和jvm启动开销1.00s, 成绩应该可以从4.80s减少为2.50s
- 为什么不在线上提交
 - 违反规则, 没有将所有文件内容读取一遍, 只mmap不load, 相当于跳过了文件某些部分的读取
 - 如果这一点都违反了, 那么倒着读或者并发读都可以做了, 因为性质相同, 都属于不遵循单线程顺序读取所有文件内容1次这一要求

- 1、赛题理解、核心思路概览
- 2、重放计算流水线、网络传输落盘设计
- 3、工程价值、通用性分析
- 4、Tricks分析
- 5、版本演进、比赛总结

版本演进 - 通用性代码

日期	成绩	版本说明	commit
06/19	59.268s	实现正着重放版本，属性存储使用byte[][]，记录和操作用不同小对象存储	90b9f3a9
06/19	46.163s	使用InsertOperation直接存储对应记录中的属性信息，减少内存拷贝和额外的小对象创建	dae43787
06/19	43.433s	优化RecordScanner中getNextLong(); 依据单表字段信息不变特征，添加skipFieldForInsert(int index)	9d29966d
06/21	39.265s	使用ArrayBlockingQueue来协调生产者给消费者发任务，消费者使用轮询方式来获取任务	1ac36f81a
06/22	20.155s	依据单表中字段长度范围固定，优化RecordScanner和InsertOperation	e8a6389c
06/23	14.456s	重放计算中，采用访存更加友好的gnu trove hashmap改写版本	f5811f02
06/24	10.867s	优化网络传输和落盘，实现Zero-Copy; 优化并行evaluate模块	2576b8b5
06/26	8.979s	优化if-else分支，使用多态，使用gnu trove hashset	e631f265

版本演进 - 采用Tricks(最后两天)

日期	成绩	版本说明	commit
06/27	7.906s	利用trick1, 主键变更不会带来之前属性	2a956e52
06/28	6.670s	利用trick 1, 使用数组代替hashmap和hashset	36bb463f
06/29	4.819s	使用trick 2, 计算时候跳过不需要的文件chunk, 并且不使用logger, 但是还是在MmapReader读文件时候调用了load, 保证了不违反规则	b31990db

比赛总结和思考

- 初赛
 - 有把文件读写的size压缩到内存大小乘以vm.dirty_ratio的大小，才可以取得比较好的性能
 - 学习到了一些快速的压缩算法，例如snappy和lz4
- 复赛
 - 明白了访存pattern的重要性，通过byte[][]的方式会慢，而通过扁平化的存储会快；需要注意小对象overhead
 - 学习了设计流水线，来overlap计算和IO
 - 使用高效的hashmap、hashset实现
- 感想
 - 注意操作系统和语言底层vm实现相关的内容
 - 从阿里中间件博客学习到了许多新知识，之后要多多关注业界的技术热点

结束

GitHub



初赛: <https://github.com/CheYulin/OpenMessageShaping>

复赛: <https://github.com/CheYulin/IncrementalSyncShaping>

比赛
攻略: https://github.com/CheYulin/IncrementalSyncShaping/tree/master/comp_summary

THANKS

Backup内容

- Actor1: Mmap Reader初始化DDL信息
- Actor2: Mediator轮询处理任务
- Actor2: Mediator处理任务间依赖
- Actor4: 重放计算act对hashmap/hashset更新
- 健壮性2 – 解析逻辑
- Trick1: 重放计算act对array更新
- Trick2: 选择真正有用的文件chunk统计细节

Actor 1: MmapReader 职责 – 初始化DDL信息

- 初始化RecordField静态变量：首次读取文件时，初始化单表中的字段相关信息，存入RecordField类静态变量中，为actor 3 transformer解析模块准备

```
public static Map<ByteBuffer, Integer> fieldIndexMap = new HashMap<>();
static int[] fieldSkipLen;
public static int FILED_NUM;
static int KEY_LEN;
```

```
private void fetchNextMmapChunk() throws IOException {
    int currChunkLength = nextIndex != maxIndex ? CHUNK_SIZE : lastChunkLength;

    MappedByteBuffer mappedByteBuffer = fileChannel.map(FileChannel.MapMode.READ_ONLY, nextIndex * CHUNK_SIZE, currChunkLength);
    mappedByteBuffer.load();

    if (!RecordField.isInit()) {
        new RecordField(mappedByteBuffer).initFieldIndexMap();
    }

    try {
        mediatorTasks.put(new FileTransformMediatorTask(mappedByteBuffer, currChunkLength));
    } catch (InterruptedException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
```

Actor 2: Mediator 职责 - 轮询处理任务

- Mediator轮询获取任务，直到遇到结束信号break

```
mediatorPool.execute(new Runnable() {  
    @Override  
    public void run() {  
        while (true) {  
            try {  
                FileTransformMediatorTask fileTransformMediatorTask = mediatorTasks.take();  
                if (fileTransformMediatorTask.isFinished)  
                    break;  
                fileTransformMediatorTask.transform();  
            } catch (InterruptedException e) {  
                e.printStackTrace();  
            }  
        }  
    }  
});
```

- 主线程在顺序读取完文件后，发送不含内容的Task；其中，isFinished成员变量为true，作为结束信号

```
try {  
    mediatorTasks.put(new FileTransformMediatorTask());  
} catch (InterruptedException e) {  
    e.printStackTrace();  
}
```

Mediator 职责 - 处理任务间依赖

- 生产给transformer的任务分为两个环节：1) LogOperation的解析，2) LogOperation[]放入重放计算队列；为保证重放时候的顺序性：后一个任务的下半环节需等待前一个任务完成
 - 使用一个类静态变量prevFuture，从中可以获取上一个任务完成状态
 - submit任务时候时候更新prevFuture
 - 创建transformer任务对象时候传入prevFuture

```
private static Future<?> prevFuture = new Future<Object>() {  
    @Override  
    public boolean isDone() {  
        return true;  
    }  
}
```

```
prevFuture = fileTransformPool.submit(fileTransformTask);
```

```
fileTransformTask = new FileTransformTask(mappedByteBuffer, start, end, prevFuture);
```

- Transformer任务中的同步逻辑

```
void waitForSend() throws InterruptedException, ExecutionException {  
    // wait for producing tasks  
    LogOperation[] logOperations = localOperations.toArray(new LogOperation[0]);  
    prevFuture.get();  
    PipelinedComputation.blockingQueue.put(logOperations);  
}
```

Actor 4: 重放计算 (Delete, Insert)

- DeleteOperation
 - inRangeRecordSet: 若DeleteOperation在range范围内, 就把其从inRangeRecordSet中delete
 - recordMap: 不变

```
@Override
public void act() {
    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(this.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.remove(this);
    }
}
```

- InsertOperation
 - inRangeRecordSet: 若InsertOperation在range范围内, 就把其加入到inRangeRecordSet中
 - recordMap: 直接insert

```
@Override
public void act(){
    recordMap.put(this); //1
    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.add(this);
    }
}
```

重放计算 (Update Property, Update Key)

- UpdateOperation
 - inRangeRecordSet : 不变, 因为普通属性变更不会影响主键
 - recordMap: 首先probing获取InsertOperation对象, 然后进行insertOperation.mergeAnother(this), 落实这次属性的变更

```
@Override
public void act(){
    InsertOperation insertOperation = (InsertOperation) recordMap.get(this); //2
    insertOperation.mergeAnother(this); //3
};
```

- UpdateKeyOperation
 - 等效于进行了一次DeleteOperation, 再接着进行一次InsertOperation
 - 注意点: InsertOperation中, 会带来有原来被删除的对应记录中的所有属性
 - 注意点举例: UpdateKeyOperation进行了1->3的主键变更, 那么我们需要首先获取所有主键1对应记录的属性, 然后delete主键1对应记录, 然后insert主键3, 并且主键3对应记录包含之前主键1中获取到的所有属性

重放计算 (Update Key)

- UpdateKeyOperation
 - recordMap: 取出Update Key之前，对应记录

```
@Override
public void act() {
    InsertOperation insertOperation = (InsertOperation) recordMap.get(this); //2
    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(this.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.remove(this);
    }

    insertOperation.changePK(this.changedKey); //4
    recordMap.put(insertOperation); //5

    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(insertOperation.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.add(insertOperation);
    }
}
```

重放计算 (Update Key)

- UpdateKeyOperation
 - recordMap: 取出Update Key之前, 对应记录
 - inRangeRecordSet: 如果这个变更之前的key在range内, 将其从删除

```
@Override
public void act() {
    InsertOperation insertOperation = (InsertOperation) recordMap.get(this); //2
    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(this.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.remove(this);
    }

    insertOperation.changePK(this.changedKey); //4
    recordMap.put(insertOperation); //5

    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(insertOperation.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.add(insertOperation);
    }
}
```

重放计算 (Update Key)

- UpdateKeyOperation
 - recordMap: 取出Update Key之前, 对应记录
 - inRangeRecordSet: 如果这个变更之前的key在range内, 将其从删除
 - recordMap: 通过insertOperation.changePK(this.changedKey), 得出新key对应对象, insert该新对象

```
@Override
public void act() {
    InsertOperation insertOperation = (InsertOperation) recordMap.get(this); //2
    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(this.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.remove(this);
    }
```

```
insertOperation.changePK(this.changedKey); //4
recordMap.put(insertOperation); //5
```

```
if (PipelinedComputation.isKeyInRange(insertOperation.relevantKey)) {
    inRangeRecordSet.add(insertOperation);
}
}
```


重放计算 (Update Key)

- UpdateKeyOperation
 - recordMap: 取出Update Key之前, 对应记录
 - inRangeRecordSet: 如果这个变更之前的key在range内, 将其从删除
 - recordMap: 通过insertOperation.changePK(this.changedKey), 得出新key对应对象, insert该新对象
 - inRangeRecordSet: 如果key若在range内, 将其加入

```
@Override
public void act() {
    InsertOperation insertOperation = (InsertOperation) recordMap.get(this); //2
    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(this.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.remove(this);
    }

    insertOperation.changePK(this.changedKey); //4
    recordMap.put(insertOperation); //5

    if (PipelinedComputation.isKeyInRange(insertOperation.relevantKey)) {
        inRangeRecordSet.add(insertOperation);
    }
}
```

健壮性 2 – 解析逻辑

- 不需要修改的函数
 - 基于DDL解析: skipKey(), skipFieldForInsert(int)
 - 基于canal输出文件特点: skipNull()
 - 与表DDL信息无关的解析函数: getNextBytesIntoTmp(), getNextLong(), getNextLongForUpdate()

RecordScanner		
reuse(ByteBuffer, int, int)		void
skipField(int)		void
skipHeader()		void
skipKey()		void
skipNull()		void
skipFieldForInsert(int)		void
getNextBytesIntoTmp()		void
getNextLong()		long
getNextLongForUpdate()		long
skipFieldName()		int
scanOneRecord()	LogOperation	
compute()		void
waitForSend()		void

健壮性 2 – 解析逻辑

- 需要修改的函数
 - 根据header(mysql-binlog/timestamp/schema/table): skipHeader()
 - 根据表字段范围: skipField(int)
 - update/delete时候根据字段的头直接判断出字段内容: skipFieldName()
 - 解析逻辑修改: scanOneRecord()

RecordScanner		
reuse(ByteBuffer, int, int)		void
skipField(int)		void
skipHeader()		void
skipKey()		void
skipNull()		void
skipFieldForInsert(int)		void
getNextBytesIntoTmp()		void
getNextLong()		long
getNextLongForUpdate()		long
skipFieldName()		int
scanOneRecord()		LogOperation
compute()		void
waitForSend()		void

Trick 1: 利用Update Key特征

- 数据结构

```
public static LogOperation[] ycheArr = new LogOperation[8 * 1024 * 1024];
```

- 数据操作 - DeleteOperation

```
@Override  
public void act() {  
    ycheArr[(int) (this.relevantKey)] = null;  
}
```

- 数据操作 - InsertOperation

```
@Override  
public void act() {  
    ycheArr[(int) (this.relevantKey)] = this;  
}
```

- 数据操作 - UpdateOperation

```
@Override  
public void act() {  
    InsertOperation insertOperation = (InsertOperation) RestoreComputation.ycheArr[(int) (this.relevantKey)]; //2  
    if(insertOperation==null){  
        insertOperation=new InsertOperation(this.relevantKey);  
        RestoreComputation.ycheArr[(int) this.relevantKey]=insertOperation;  
    }  
    insertOperation.mergeAnother(this); //3  
}
```

用于在下面一页PPT分析的trick2

Trick 2: 选择真正有用的文件chunk计算

- 想法：基于trick1的规律，其实可以通过一次提交，统计出最后真正有用的文件小chunk(以4MB为单位)，mediator只submit有用的小chunk对应的任务
- 统计内容
 - 最终被delete掉的主键，最后一次delete操作对应文件小chunk的global index
 - 最终在查询范围内数据的各个属性对应文件小chunk的global index
- 统计内容汇总
 - 对上面得出小chunk全局index，做set_union操作
- 目的：大大减少transformer的任务和重放计算的任务
- 使用后效果
 - 从trick1版本6.7s减少到应用trick2后版本4.8s
 - 真正执行transform和computation的小chunk个数为508个，原来总数2688个
 - 第一阶段流水线消耗时间从5.00s减少到3.25s，有显著提升
 - 其中有2.5s是无法避免的mmap load 10G文件开销，也就是说理论上最优的第一阶段流水线IO和处理及计算完全overlap消耗时间是2.5s，已经比较接近理论极限