IoT-Middleware: IginX

用户手册-0.5.0

清华数为·高可扩展时序数据库集群系统

清华大学 软件学院

大数据系统软件国家工程实验室

2022 年 8 月

目录

一、 IginX 简介

世界上越来越多的企业意识到生产过程中的实时数据与历史数据是最有价值的信息财富，也是整个企业信息系统的核心和基础。随着工业互联网时代的到来，实时数据和历史数据的体量越来越大，过去的单机版实时数据库或时序数据库都已经无法满足工业数据管理的全面需求。我们可以见到，业界对于高可扩展时序数据库集群系统的需求越来越迫切。

二十年来，我们一直致力于企业信息及企业数据管理的相关工作，为满足上述需求，基于丰富的业界经验，在近年来继开源了一款单机版时序数据库之后，精心打造出了一款高可扩展时序数据库集群系统 IginX。

1.1 系统特色

IginX 当前发布版本，其主要特色包括：

1. 【平滑扩展能力】在有高速写入和查询的条件下，可几乎不影响负载地进行数据库节点扩容。
2. 【快速响应负载能力】IginX 计算层组件采用无状态设计，可以快速响应多变的应用负载，也因此可以在资源允许的条件下、很好地确保体现出底层存储单机的高性能。
3. 【多副本下的高性能】面向时序场景的大数据特性，副本基于弱一致性的多写多读实现，可以避开强一致性算法导致的性能问题。
4. 【异构数据源统一模型】兼容 InfluxDB、IoTDB、PostgreSQL/TimescalDB 等时序/关系数据库，以统一的数据模型，同时管理多种异构数据库，只需针对这些数据库实现一个简单接口。
5. 【数据分布可定制】支持灵活分片，可以通过策略配置，来支持灵活的数据分布模式，实现非对称、多粒度、定制化的数据分布。

1.2 功能特点

IginX 采用迭代周期式开发流程，目前已经完成以下版本的发布：首发版 v0.1.0，健壮版 v0.2.0、破世界记录版 v0.3.0、上线服务版 v0.4.0、技术引领版 v0.5.0。

- 【首发版 v0.1.0】支持典型的工业互联网边缘端数据管理需求，即满足 TPCx-IoT 测试所对应的相关应用需求。
- 【健壮版 v0.2.0】支持单机版时序数据库，尤其是 IoTDB，的数据访问功能全集。
- 【破世界记录版 v0.3.0】性能打破国际数据库测试基准顶尖组织 TPC 的 TPCx-IoT 当前世界记录，取得 397.1 万 IoTps 以上的性能，比当前世界记录提升 16%。
- 【上线服务版 v0.4.0】以 5 节点 IginX+2 节点数据库，形成双副本，线上支持中车四方上海地铁日常监控数据管理；以 7 节点 IginX+3 节点数据库，形成双副本，线

上支持中车四方成都地铁日常监控数据管理；以 3 节点 IginX+3 节点数据库，形成三副本，基于 MQTT 模式，线上支持商飞 5G 中心对时序数据的管理。

- 【技术引领版 v0.5.0】增加 SQL 子查询能力、内置/外置 Python 计算能力、跨时序与关系数据库管理/计算能力、Annotation 标记能力、曲线匹配能力等当前绝大部分时序数据库都不具备的能力，方便支持用户多样化的应用需求。

同时，IginX 支持多种不同的元数据管理模式，即 ZooKeeper 模式、Etcd 模式、本地文件模式等，从而使得 IginX 既可以极简部署，也可以分布式部署，还可以与云上系统无缝接合、原生部署。

1.3 系统架构

IginX 的整体框架视图如图 1.1 所示。自底向上，可以分成 2 层，下层是可以不相互关联通讯的单机版时序数据库集群层，上层是无状态的 IginX 服务中间件层。整体框架的相关元数据信息都存储在一个高可用的元数据集群中。这样的架构充分学习、参考了谷歌的 Monarch 时序数据库系统的良好设计理念，以及其久经考验的实践经验。

其中，读写由 IginX 进行分片解析，发送到底层的数据库进行处理。IginX 通过元数据集群同步信息并进行配置。数据分片的分配由 IginX 服务端来实现，并基于元数据集群进行冲突处理。

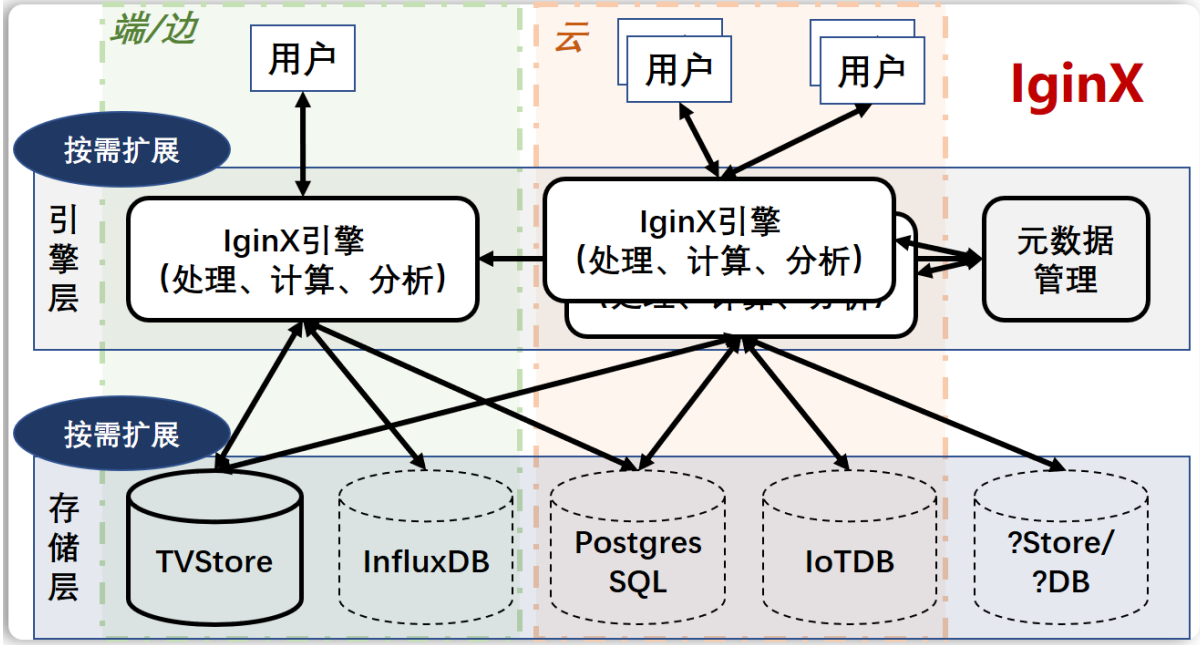


图 1.1

1.4 应用场景

IginX 是支持异构数据源”端边云”协同、统一管理与原生分析的时序大数据系

统软件。

IginX 可对关系数据库、时序数据库等异构数据源，在无须 ETL 的情况下，实现统一数据模型管理的能力。基于中间层的高可扩展计算能力，实现对大数据，尤其是时序数据的高效管理与计算。

IginX 可应用于广泛的时序数据管理与计算场景，结合用户方的领域知识，可方便支持用户从时序大数据中提炼价值。

二、 快速上手

基于 IginX 的分布式时序数据库系统由三部分构成，一是 ZooKeeper，用于存储整个集群的原信息，二是 IginX 中间件，用于管理整个集群的拓扑结构，转发处理写入查询请求，并对外提供数据访问接口，三是数据存储后端，用于存储时序数据，以下示例主要使用 IoTDB 作为数据后端。

2.1 安装环境

IginX 运行时所需的硬件最小配置：

- CPU：单核 2.0Hz 以上
- 内存：4GB 以上
- 网络：100Mbps 以上

IginX 运行时所依赖的软件配置：

- 操作系统：Linux、MacOS 或 Windows
- JVM：1.8+
- 时序数据库，若为 IoTDB，要求在 0.11.2 以上
- ZooKeeper：3.5.9+

JDK 是 Java 程序的开发的运行环境，由于 ZooKeeper、IginX 以及 IoTDB 都是使用 Java 开发的，因此首先需要安装 Java。下列步骤假设 JAVA 环境已经安装妥当。

2.2 基于发布包的安装与部署方法

以 IoTDB 为例——可替换其它单机时序存储，如高压缩时变存储 TVStore[https://gitee.com/thulab/TVStore]。

1. 下载安装包（要求版本在 3.6.3+）或使用发布包 include 目录下的安装包，解压 ZooKeeper，下载地址为：
   https://zookeeper.apache.org/releases.html
2. 配置 ZooKeeper（创建文件 conf/zoo.cfg）：
   - tickTime=1000
   - dataDir=data
   - clientPort=2181
3. 启动 ZooKeeper
   如果是 Windows 操作系统，使用以下命令：

   ```
   > bin\zkServer.cmd
   ```

   否则，使用以下命令：

   ```
   > bin/zkServer.sh start
   ```
4. 启动一个或多个单机版本 IoTDB 时序数据库或者 InfluxDB 数据库
   - IoTDB
     https://iotdb.apache.org/UserGuide/V0.11.x/Get%20Started/QuickStart.html
   - InfluxDB

https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.0/get-started/#manually-download-and-install

5. 在 IginX 配置文件中配置数据库信息等，见章节 2.4
6. 使用以下命令启动一个或多个 IginX 实例
   如果是 Windows 操作系统，则使用以下命令进行启动：

```
> startIginX.bat
```

   否则，使用以下命令：

```
> ./startIginX.sh
```

2.3 基于源码的安装与部署方法

在下列部署步骤之前，要求安装好 Maven 和 Java 运行环境。

1. 安装 Java 运行环境
   https://www.java.com/zh-CN/download
2. 安装 Maven
   http://maven.apache.org/download.cgi

然后，按以下步骤进行系统安装部署：

1. 下载并安装 ZooKeeper，要求版本在 3.5.9+
   https://zookeeper.apache.org/releases.html
2. 配置 ZooKeeper（创建文件 conf/zoo.cfg）
   - tickTime=1000
   - dataDir=data
   - clientPort=2181
3. 启动 ZooKeeper
4. 启动 ZooKeeper
   如果是 Windows 操作系统，使用以下命令：

```
> bin\zkServer.cmd
```

   否则，使用以下命令：

```
> bin/zkServer.sh start
```

5. 启动一个或多个单机版本 IoTDB 时序数据库或者 InfluxDB 数据库
   - IoTDB
     https://iotdb.apache.org/UserGuide/V0.11.x/Get%20Started/QuickStart.html
   - InfluxDB
     https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.0/get-started/#manually-download-and-install
6. 下载 IginX 源代码项目
   https://github.com/thulab/IginX/
7. 编译安装 IginX

```
> mvn clean install -DskipTests
```

8. 在 IginX 配置文件中配置数据库信息等，见章节 2.4
9. 使用以下命令启动一个或多个 IginX 实例
   如果是 Windows 操作系统，则使用以下命令进行启动：

```
> startIginX.bat
```

   否则，使用以下命令：

```
> ./startIginX.sh
```

2.4 参数配置

配置文件位于 conf/config.properties，以下为配置文件的内容及其各项的具体含义：

- IginX 绑定的 ip
  ip=0.0.0.0
- IginX 绑定的端口
  port=6888
- IginX 本身的用户名
  username=root
- IginX 本身的密码
  password=root
- 时序数据库列表，使用 “,”分隔不同实例
  storageEngineList=127.0.0.1#6667#iotdb11#username=root#password=root#sessionPoolSize=20#has_data=false#is_read_only=false
- 写入的副本个数，目前建议是{0,1,2,3}，如果为 0，则没有副本。系统不要求强一致性，因此在节点个数少于副本个数时，也可正常运行
  replicaNum=0
- 默认写入时间戳的单位，s/ms/us/ns
  timePrecision="ms"
- 底层数据库类名
  databaseClassNames=iotdb11=cn.edu.tsinghua.iginx.iotdb.IoTDBStorage,iotdb12=cn.edu.tsinghua.iginx.iotdb.IoTDBStorage ,influxdb=cn.edu.tsinghua.iginx.influxdb.InfluxDBStorage
- 逻辑层优化策略
  queryOptimizer=remove_not,filter_fragment
- 约束
  constraintChecker=naïve
- 物理层优化策略
  physicalOptimizer=naive
- 内存任务执行线程池
  memoryTaskThreadPoolSize=200
- 每个存储节点对应的工作线程数
  physicalTaskThreadPoolSizePerStorage=100
- 每个存储节点任务最大堆积数
  maxCachedPhysicalTaskPerStorage=500
- 策略类名
  policyClassName=cn.edu.tsinghua.iginx.policy.naive.NaivePolicy
- 是否允许通过环境变量设置参数
  enableEnvParameter=false
- rest 绑定的 ip
  restIp=0.0.0.0
- rest 绑定的端口
  restPort=6666

- 是否启用 rest 服务
  enableRestService=true
- rest 异步执行并发数
  asyncRestThreadPool=100
- 元数据后端类型，目前支持 zookeeper, file, etcd
  metaStorage=zookeeper
- 如果使用 zookeeper 作为元数据存储后端，需要提供
  zookeeperConnectionString=127.0.0.1:2181
- 是否开启元数据内存管理
  enable_meta_cache_control=false
- 分片缓存最大内存限制，单位为 KB，默认 128 MB
  fragment_cache_threshold=131072

2.5 交互方式

IginX 交互一共有 3 种方式。

2.5.1 API 交互

第一种是基于 IginX API 开发的客户端程序，与 IginX 进行交互（见章节 9），目前在 example 目录下有相关示例程序：

https://github.com/thulab/IginX/tree/main/example

2.5.2 RESTful 交互

第二种是基于 RESTful 接口，与 IginX 进行交互，主要 RESTful 接口见章节 7。RESTful 命令可通过命令行工具 Curl 执行。

2.5.3 基于客户端的 SQL 交互

第三种是基于 IginX 自带的客户端进行交互（具体命令见章节 9）：

- 基于发布包安装的 IginX，直接运行 startCli.sh（Windows 环境中应当使用 start_cli.bat 脚本），即可通过 SQL 命令与 IginX 交互。
- 基于源码编译安装的 IginX，则客户端在 IginX 项目下 client/target/client-{$VERSION}目录下，进入该目录可见 sbin 目录，运行 sbin 目录中的 startCli.sh 脚本（Windows 环境中应当使用 start_cli.bat 脚本），即可通过 SQL 命令与 IginX 交互。

另外，启动客户端时还可以通过-h 和-p 参数指定 IP 和端口，默认为 127.0.0.1 和 6888。

客户端交互界面截图如图 2.1 所示，看到该界面时，即可输入 IginX 的 SQL 命令进行交互。

图 2.1

三、 SQL 定义与使用

3.1 使用 IginX-SQL

IginX 支持通过 IginX-Client 使用 IginX-SQL 与 IginX 进行直接交互。IginX-Client 的运行方式见章节 2.5.3。

3.2 数据相关操作

3.2.1 插入数据

```
INSERT INTO <prefixPath> ((TIMESTAMP|TIME) (, <suffixPath>)+) VALUES (timeValue (, constant)+);
```

使用插入数据语句可以向指定的一条或有公共前缀的多条时间序列中插入数据。参数具体说明如下：

1. 完整路径 <fullPath> = <prefixPath>.<suffixPath>，完整路径对应的时间序列若没有创建则会自动创建。
2. time/timestamp 为必填关键字，代表插入数据的时间戳。
3. timeValue 为时间戳，包含以下类型：
   a) long
   b) now()函数
   c) yyyy-MM-dd HH:mm:ss 或 yyyy/MM/dd HH:mm:ss
   d) 基于上述三者的加减 duration 运算表达式，如 now() + 1ms、2021-09-01 12:12:12 - 1ns
   e) duration 支持 Y|M|D|H|M|S|MS|NS 等单位
4. CONSTANT 为具体的数据。
   a) 包括 boolean、float、double、int、long、string、空值(NaN、NULL)
   b) 默认情况下对于整数类型和浮点数类型按照 long 和 double 解析
   c) 如果想插入 float 和 int 值，应在具体数据后加上 f、i 后缀，如 2.56f、123i

以下是使用示例。我们向 <test.test_insert.status> 和 <test.test_insert.version> 两条路径分别插入多条数据：

```
IginX> INSERT INTO test.test_insert (time, status, version) VALUES (1633421949, false, "v2");
IginX> INSERT INTO test.test_insert (time, status, version) VALUES (1633421950, true, "v3"), (1633421951, false, "v4"), (1633421952, true, "v5");
```

查询我们刚刚插入的结果：

```
IginX> SELECT * FROM test.test_insert;
```

3.2.2 删除数据

```
DELETE FROM path (, path)* (WHERE <orExpression>)?;
```

使用删除语句可以删除指定的时间序列中符合时间删除条件的数据。在删除数据时，用户可以选择需要删除的一个或多个时间序列、时间序列的前缀、时间序列带*路径对多个时间区间内的数据进行删除。需要注意的是，

1. 删除数据语句不能删除路径，只会删除对应路径的制定数据。
2. 删除语句不支持精确时间点保留，如 delete from a.b.c where time != 2021-09-01 12:00:00。
3. 删除语句不支持值过滤条件删除，如 delete from a.b.c where a.b.c >= 100。

以下是使用示例。我们可以用下面语句删除全部序列对应的数据：

```
IginX> DELETE FROM *;
```

我们可以用下面语句删除 <test.test_delete.*> 序列在 2021-09-01 12:00:00 到 2021-10-01 12:00:00 对应的数据：

```
IginX> INSERT INTO test.test_delete (time, status, version) VALUES (2021-09-01 12:22:01, true, "v1"), (2021-09-01 12:36:03, false, "v2"), (2021-11-01 12:00:00, true, "v3");
IginX> DELETE FROM test.test_delete WHERE time >= 2021-09-01 12:00:00 AND time <= 2021-10-01 12:00:00;
```

查询删除后的结果：

```
IginX> SELECT * FROM test.test_delete;
```

3.2.3 查询数据

```
SELECT <expression> (, <expression>)* FROM prefixPath <whereClause>? <groupByTimeClause>?

<expression>
   : <functionName>(<suffixPath>)
   | <suffixPath>

<whereClause>
   : WHERE TIME IN <timeInterval> (AND <orExpression>)?
   | WHERE <orExpression>;

<orExpression>: <andExpression> (OR <andExpression>)*;

<andExpression>: <predicate> (AND <predicate>)*;

<groupByTimeClause>: GROUP <timeInterval> BY DURATION;

<timeInterval>
   : (timeValue, timeValue)
```

```
| (timeValue, timeValue]
| [timeValue, timeValue)
| [timeValue, timeValue]
```

查询数据语句支持简单范围查询、值过滤查询、聚合查询、降采样查询。

1. 聚合查询函数，目前支持 FIRST_VALUE、LAST_VALUE、MIN、MAX、AVG、COUNT、SUM 七种。
2. 降采样查询函数，目前支持 FIRST_VALUE、LAST_VALUE、MAX、AVG、COUNT、SUM 六种。
3. timeRange 为一个连续的时间区间，支持左开右闭、左闭右开、左右同开、左右同闭区间。

以下是使用示例。先插入如下数据：

```
---------------------------------
Time test.test_select.boolean test.test_select.string test.test_select.double test.test_select.long
0       true       fq4RUeRjS8       0.5       1
1       false       QKzYVQBquj       1.5       2
2       true       qdYVJZOYXI       2.5       3
3       false       CicZibVAAc       3.5       4
4       true       c8Dq337a7d       4.5       5
5       false       jjlohugmSi       5.5       6
6       true       inCgynQcwN       6.5       7
.....
97       false       L5E42AIu4j       97.5       98
98       true       gzQQh2oBeg       98.5       99
99       false       9CR2VrtRrp       93.5       100
```

3.2.3.1 范围查询

查询序列 <test.test_select.string> 和 <test.test_select.double> 在 0-100ms 内的值：

```
IginX> SELECT string, double FROM test.test_select WHERE time >= 0 AND time <= 100;
```

3.2.3.2 值过滤查询

查询序列 <test.test_select.string> 和 <test.test_select.long> 在 0-100ms 内，且 <test.test_select.long> 的值大于 20 的值：

```
IginX> SELECT string, long FROM test.test_select WHERE time >= 0 AND time <= 100 AND long > 20;
```

3.2.3.3 聚合查询

聚合查询函数，系统函数目前包括 FIRST、LAST、FIRST_VALUE、LAST_VALUE、MIN、MAX、AVG、COUNT、SUM 八种。

查询序列 <test.test_select.long> 在 0-100ms 内的平均值：

```
IginX> SELECT AVG(long) FROM test.test_select WHERE time >= 0 AND time <= 100;
```

3.2.3.4 降采样查询

降采样查询函数，系统函数目前包括 FIRST_VALUE、LAST_VALUE、MIN、MAX、AVG、COUNT、SUM 六种。

查询序列 <test.test_select.double> 在 0-100ms 内，每 10ms 的最大值：

```
IginX> SELECT MAX(double) FROM test.test_select GROUP [0, 100] BY 10ms;
```

3.2.3.5 层次聚合查询

对于原先的结果集按照 level 分组：

例如 a.a.a.a、a.b.a.b、a.a.b.a 和 a.b.b.b 这四个序列

1. 如果按照 level = 0 分组，那么则会查出来 1 个序列：a.*.*.*
2. 如果按照 level = 0,1 分组，那么则会查出来 2 个序列：a.a.*.* 和 a.b.*.*
3. 如果按照 level = 2 分组，那么则会查出来 2 个序列：*.*.a.* 和 *.*.b.*
4. 如果按照 level = 3 分组，那么则会查出来 2 个序列：*.*.*.a 和 *.*.*.b

注意：层次聚合只支持 sum、count 和 avg 这三个聚合函数。

查询 <test.*.*> 匹配的路径下所有路径的点数：

```
IginX> SELECT count(*) FROM test.test_select GROUP BY LEVEL = 0;
```

查询 <test.test_select.*> 匹配的路径下所有路径的点数

```
IginX> SELECT count(*) FROM test.test_select GROUP BY LEVEL = 0,1;
```

3.2.3.6 数量限制查询

查询序列 <test.test_select.string> 的前 10 条记录：

```
IginX> SELECT string FROM test.test_select LIMIT 10;
```

查询序列 <test.test_select.string> 从第 5 条开始的 10 条记录：

```
IginX> SELECT string FROM test.test_select LIMIT 10 OFFSET 5;
```

3.2.3.7 序列比较查询

序列比较查询允许用户在 value filter 中，添加序列比较条件。

查询 <test.test_select.int> 在 0-100ms 内，且序列 <test.test_select.int> 在同一时间戳大于序列 <test.test_select.long> 的值：

```
IginX> SELECT int FROM test.test_select WHERE time >= 0 AND time <= 100 AND int > long;
```

3.2.3.8 模糊查询

模糊查询允许用户对字符值序列进行正则匹配查询。

查询序列 <test.test_select.string> 以 a 开头的值：

```
IginX> SELECT string FROM test.test_select WHERE string like "^a.*";
```

查询序列 <test.test_select.string> 以 s 或者 f 开头的值：

```
IginX> SELECT string FROM test.test_select WHERE string like "^[s|f].*";
```

查询序列 <test.test_select.string> 以 s 或者 d 结尾的值：

```
IginX> SELECT string FROM test.test_select WHERE string like "^.*[s|d]";
```

3.2.3.9 序列重命名

IginX-SQL 允许用户对查询的结果集的列进行重命名。
对序列 <test.test_select.int> 的降采样查询结果重命名：

```
IginX> SELECT max(int) AS max_int_per_ten_ms FROM test.test_select GROUP [0, 100] BY 10ms;;
```

3.2.3.10 嵌套查询

查询序列 <test.test_select.double> 的大于 6 的余弦值：

```
IginX> SELECT cos_double FROM (SELECT COS(double) AS cos_double FROM test.test_select WHERE double < 6);
```

查询序列 <test.test_select.double> 的余弦值大于 0 的最小值：

```
IginX> SELECT MIN(cos_double) FROM (SELECT COS(double) AS cos_double FROM test.test_select) WHERE cos_double > 0;
```

查询序列 <test.test_select.double> 的大于 6 的余弦值，且余弦值大于 0 的最小值

```
IginX> SELECT cos_double FROM (SELECT COS(double) AS cos_double FROM test.test_select WHERE double < 6) WHERE cos_double > 0;
```

查询序列 <test.test_select.int> 的平均值和序列 <test.test_select.double> 的总和，且均值大于 1，总和小于 15 的值：

```
IginX> SELECT avg_int, sum_double FROM (SELECT AVG(int) AS avg_int, SUM(double) AS sum_double FROM test.test_select GROUP [0, 10) BY 2ms) WHERE avg_int > 1 AND sum_double < 15;
```

查询序列 <test.test_select.int> 的平均值和序列 <test.test_select.double> 的总和，且均值大于 1，总和小于 15 的最大值：

```
IginX> SELECT MAX(avg_int), MAX(sum_double) FROM (SELECT avg_int, sum_double FROM (SELECT AVG(int) AS avg_int, SUM(double) AS sum_double FROM test.test_select
```

```
GROUP [0, 10) BY 2ms) WHERE avg_int > 1 AND sum_double < 15);
```

3.2.3.11 查询序列

```
SHOW TIME SERIES;
```

查询序列语句可以查询存储的全部序列名和对应的类型。

3.2.3.12 统计数据总量

```
COUNT POINTS;
```

统计数据总量语句用于统计 IginX 中数据总量。

3.2.3.13 清除数据

```
CLEAR DATA;
```

清除数据语句用于删除 IginX 中全部数据和路径。

以下是应用示例。清除数据，并查询清除之后的数据：

```
IginX> CLEAR DATA;
IginX> SELECT * FROM *;
```

3.3 系统相关操作

3.3.1 增加存储引擎

```
ADD STORAGEENGINE (ip, port, engineType, extra)+;
```

1. 添加引擎之前先保证示例存在且正确运行。
2. engineType 目前只支持 IOTDB 和 INFLUXDB。
3. 为了方便拓展 extra 目前是 string 类型，具体为一个 string 类型的 map。

以下是应用示例。添加一个 IOTDB11 实例—127.0.0.1:6667，用户名密码均为 root，连接池数量为 130：

```
ADD STORAGEENGINE (127.0.0.1, 6667, "iotdb11", "username:root, password:root, sessionPoolSize:130");
```

3.3.2 查询副本数量

```
SHOW REPLICA NUMBER;
```

查询副本数量语句用于查询现在 IginX 存储的副本数量。

3.3.3 查询集群信息

```
SHOW CLUSTER INFO;
```

查询集群信息语句用于查询 IginX 集群信息，包括 IginX 节点、存储引擎节点、

元数据节点信息等。应用示例如图 3.1 所示。

```
IginX> show cluster info
IginX infos:
+--+-------+----+
|ID|     IP|PORT|
+--+-------+----+
| 0|0.0.0.0|6888|
+--+-------+----+
Storage engine infos:
+--+---------+----+-------+
|ID|       IP|PORT|   TYPE|
+--+---------+----+-------+
| 0|127.0.0.1|6667|iotdb11|
| 1|127.0.0.1|6668|iotdb12|
+--+---------+----+-------+
Meta Storage infos:
+---------+----+---------+
|       IP|PORT|     TYPE|
+---------+----+---------+
|127.0.0.1|2181|zookeeper|
+---------+----+---------+
IginX>
```

图 3.1

3.3.4 用户权限管理

```
CREATE USER <username> IDENTIFIED BY <password>;
GRANT <permissionSpec> TO USER <username>;
SET PASSWORD FOR <username> = PASSWORD(<password>);
DROP USER <username>
SHOW USER (<username>,)*

<permissionSpec>: (<permission>,)+

<permission>: READ | WRITE | ADMIN | CLUSTER
```

用户权限管理语句用于 IginX 新增用户，更新用户密码、权限，删除用户等。以下是操作示例。添加一个无任何权限的用户 root1，密码为 root1：

```
CREATE USER root1 IDENTIFIED BY root1;
```

授予用户 root1 以读写权限：

```
GRANT WRITE, READ TO USER root1;
```

将用户 root1 的权限变为只读：

```
GRANT READ TO USER root1;
```

将用户 root1 的密码改为 root2：

```
SET PASSWORD FOR root1 = PASSWORD(root2);
```

删除用户 root1：

```
DROP USER root1
```

展示用户 root2, root3 信息

```
SHOW USER root2, root3;
```

展示所有用户信息

```
SHOW USER;
```

3.3.5 设置输出时间单位

```
SET TIMEUNIT IN <PRECISION>

<PRECISION>: s/ms/μs/ns/second/millisecond/microsecond/nanosecond
```

设置输出时间单位语句可以设置 IginX-Client 的输出时间单位。

操作示例如图 3.2 所示。插入时间戳值为 1629941334 的一条数据，当设置输出的时间单位为秒时，1629941334s 即为 2021-08-26 09:28:54；当设置输出时间单位为毫秒时，1629941334ms 即为 1970-01-20 04:45:41。

```
IginX> clear data
success
IginX> insert into test.test_set_unit (time, status) values (162
9941334, true);
success
IginX> set timeunit in s
Current time unit: s
IginX> select * from *;
Start to Print SimpleQuery ResultSets:
--------------------------------
Time    test.test_set_unit.status
2021-08-26 09:28:54     true
--------------------------------
Printing ResultSets Finished.
IginX> set timeunit in ms
Current time unit: ms
IginX> select * from *;
Start to Print SimpleQuery ResultSets:
--------------------------------
Time    test.test_set_unit.status
1970-01-20 04:45:41     true
--------------------------------
Printing ResultSets Finished.
IginX>
```

图 3.2

四、 基于 SQL 支持 TagKV 定义

在 0.5.0 开发版本的 IginX 中，已经新增了对 TagKV 语法的支持。

4.1 概述

TagKV 指的是你在对向某一个时间序列中写入数据的时候，可以为每一个数据点提供一组字符串键值对，用于存储相关的信息，这一组键值对就被称之为 TagKV。

在进行查询的时候，也可以在提供部分/全部 TagKV 的基础上，对查询结果进行过滤。

4.2 语法

4.2.1 插入数据

```
INSERT INTO <prefixPath> ([<key=value>(, <key=value>)+])? ((TIMESTAMP|TIME) (, <suffixPath>([<key=value>(, <key=value>)+])?)+) VALUES (timeValue (, constant)+);
```

这里进行一下说明，如果 prefix path 之后直接跟了 tagkv，那么后面的 suffix path 中就不能再出现，并且 prefix path 中的 tagkv 被所有的 suffix path 共享。另外，可以单独为 suffix path 中的某些提供各自的 tagkv。除此之外，tagkv 是可选的，也可以不提供 tagkv 信息。

以下是使用示例。

```
insert into ln.wf02 (time, s, v) values (100, true, "v1"); # 不含有 tagkv
insert into ln.wf02[t1=v1] (time, s, v) values (400, false, "v4"); # 提供一个 tagkv，并且被多个序列所共享
insert into ln.wf02[t1=v1,t2=v2] (time, v) values (800, "v8"); # 提供多个 tagkv，并且被多个序列所共享
insert into ln.wf03 (time, s[t1=vv1,t2=v2], v[t1=vv11]) values (1600, true, "v16"); # 针对不同的序列提供不同的 tagkv
```

4.2.2 查询数据

```
SELECT <expression> (, <expression>)* FROM prefixPath <whereClause>? <withClause>? <groupByTimeClause>?

<expression>
    : <functionName>(<suffixPath>)
    | <suffixPath>

<whereClause>
    : WHERE TIME IN <timeInterval> (AND <orExpression>)?
    | WHERE <orExpression>;
```

```
<orExpression>: <andExpression> (OR <andExpression>)*;

<andExpression>: <predicate> (AND <predicate>)*;

withClause
    : WITH orTagExpression
    ;

orTagExpression
    : andTagExpression (OPERATOR_OR andTagExpression)*
    ;

andTagExpression
    : tagExpression (OPERATOR_AND tagExpression)*
    ;

tagExpression
    : tagKey OPERATOR_EQ tagValue
    | LR_BRACKET orTagExpression RR_BRACKET
          ;

<groupByTimeClause>: GROUP <timeInterval> BY DURATION;

<timeInterval>
    : (timeValue, timeValue)
    | (timeValue, timeValue]
    | [timeValue, timeValue)
    | [timeValue, timeValue]
```

以下是使用示例。查询 data_center.memory 序列过去一小时的数据，并且要求包含有 tagk = rack & tagv = A 以及 tagk = room & tagv = ROOMA 这两对组合。

```
select memory from data_center where time >= now() - 1h and time < now() with rack="A" and room="ROOMA";
```

4.3 例子

首先利用如下的语句向集群中写入若干数据点：

```
insert into ln.wf02 (time, s, v) values (100, true, "v1");
insert into ln.wf02[t1=v1] (time, s, v) values (400, false, "v4");
insert into ln.wf02[t1=v1,t2=v2] (time, v) values (800, "v8");
insert into ln.wf03 (time, s[t1=vv1,t2=v2], v[t1=vv11]) values (1600, true, "v16");
insert into ln.wf03 (time, s[t1=v1,t2=vv2], v[t1=v1]) values (3200, true, "v32");
```

可以利用前缀语法查询系统中以 ln 开头的数据，所有的序列以及其对应的所有的

TagKV 的组合都会被查询出来，结果如图 4.1 所示。

```
select * from ln;
```

```
IginX> select * from ln;
ResultSets:
+-----------------------+---------+---------------+---------+---------------------+---------------+-----------------------+-----------------------+---------------+----------------+
|                   Time|ln.wf02.s|ln.wf02.s{t1=v1}|ln.wf02.v|ln.wf02.v{t1=v1,t2=v2}|ln.wf02.v{t1=v1}|ln.wf03.s{t1=v1,t2=vv2}|ln.wf03.s{t1=vv1,t2=v2}|ln.wf03.v{t1=v1}|ln.wf03.v{t1=vv11}|
+-----------------------+---------+---------------+---------+---------------------+---------------+-----------------------+-----------------------+---------------+----------------+
|1970-01-01T08:00:00.100|     true|           null|       v1|                 null|           null|                   null|                   null|           null|            null|
|1970-01-01T08:00:00.400|     null|          false|     null|                 null|             v4|                   null|                   null|           null|            null|
|1970-01-01T08:00:00.800|     null|           null|     null|                   v8|           null|                   null|                   null|           null|            null|
|1970-01-01T08:00:01.600|     null|           null|     null|                 null|           null|                   null|                   true|           null|             v16|
|1970-01-01T08:00:03.200|     null|           null|     null|                 null|           null|                   true|                   null|            v32|            null|
+-----------------------+---------+---------------+---------+---------------------+---------------+-----------------------+-----------------------+---------------+----------------+
Total line number = 5
```

图 4.1

随后不指定 tagKV，对 ln.*.s 模式的数据进行查询，可以看到所有的符合条件的蓄力的及其所有的 tagKV 组合均被正确查出，结果如图 4.2 所示。

```
select s from ln.*;
```

```
IginX> select s from ln.*;
ResultSets:
+-----------------------+---------+----------------+-----------------------+-----------------------+
|                   Time|ln.wf02.s|ln.wf02.s{t1=v1}|ln.wf03.s{t1=v1,t2=vv2}|ln.wf03.s{t1=vv1,t2=v2}|
+-----------------------+---------+----------------+-----------------------+-----------------------+
|1970-01-01T08:00:00.100|     true|            null|                   null|                   null|
|1970-01-01T08:00:00.400|     null|           false|                   null|                   null|
|1970-01-01T08:00:01.600|     null|            null|                   null|                   true|
|1970-01-01T08:00:03.200|     null|            null|                   true|                   null|
+-----------------------+---------+----------------+-----------------------+-----------------------+
Total line number = 4
```

图 4.2

在此基础上，用户可以指定某个 tagkv 对，查询的序列下只要符合该 tagkv 组合的数据点都能被正确查出，结果如图 4.3 所示。

```
select s from ln.* with t1=v1;
```

```
IginX> select s from ln.* with t1=v1;
ResultSets:
+-----------------------+----------------+-----------------------+
|                   Time|ln.wf02.s{t1=v1}|ln.wf03.s{t1=v1,t2=vv2}|
+-----------------------+----------------+-----------------------+
|1970-01-01T08:00:00.400|           false|                   null|
|1970-01-01T08:00:03.200|            null|                   true|
+-----------------------+----------------+-----------------------+
Total line number = 2
```

图 4.3

也可以指定多组不同的 tagkv 对并使用逻辑谓词相连，结果如图 4.4 和图 4.5 所示。

```
select s from ln.* with t1=v1 or t2=v2;
```

```
IginX> select s from ln.* with t1=v1 or t2=v2;
ResultSets:
+----------------------+---------------+---------------------+---------------------+
|                  Time|ln.wf02.s{t1=v1}|ln.wf03.s{t1=v1,t2=vv2}|ln.wf03.s{t1=vv1,t2=v2}|
+----------------------+---------------+---------------------+---------------------+
|1970-01-01T08:00:00.400|          false|                 null|                 null|
|1970-01-01T08:00:01.600|           null|                 null|                 true|
|1970-01-01T08:00:03.200|           null|                 true|                 null|
+----------------------+---------------+---------------------+---------------------+
Total line number = 3
```

图 4.4

```
select s from ln.* with t1=v1 and t2=vv2;
```

```
IginX> select s from ln.* with t1=v1 and t2=vv2;
ResultSets:
+----------------------+----------------------+
|                  Time|ln.wf03.s{t1=v1,t2=vv2}|
+----------------------+----------------------+
|1970-01-01T08:00:03.200|                  true|
+----------------------+----------------------+
Total line number = 1
```

图 4.5

也可以不指定 tagv 的具体值，而采用通配符的形式，只要包含 t2 这个 tagk 即可，结果如图 4.6 所示。

```
select s from ln.* with t2=*
```

```
IginX> select s from ln.* with t2=*
ResultSets:
+----------------------+----------------------+----------------------+
|                  Time|ln.wf03.s{t1=v1,t2=vv2}|ln.wf03.s{t1=vv1,t2=v2}|
+----------------------+----------------------+----------------------+
|1970-01-01T08:00:01.600|                  null|                  true|
|1970-01-01T08:00:03.200|                  true|                  null|
+----------------------+----------------------+----------------------+
Total line number = 2
```

图 4.6

五、 基于 Python 的数据处理流程：Transform

IginX-Transform 允许用户通过 Python 编写自定义数据处理逻辑，并按照一定的顺序编排提交给 IginX 执行，并将处理结果输出到标准流、指定文件或是写回 IginX。

5.1 环境准备

首先确保本地有 python3 环境。IginX 的 Python UDF 依赖 Pemja 实现，需要在本地安装 Pemja 依赖（0.1.x 版本）：

```
> pip install pemja==0.1.5
```

我们要在配置文件里面设置本地的 python 执行路径：

```
# python 脚本启动命令
pythonCMD=python3
```

建议设置为"which python"查询出的绝对路径，否则可能会找不到某些第三方依赖包，如下所示：

```
> which python
> python: aliased to /Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.7/bin/python3

# python 脚本启动命令
pythonCMD=/Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.7/bin/python3
```

5.2 脚本编写与注册

注意：

1. 由于当前 transform 注册不支持文件在客户端与 IginX 服务器之间传输，因此，要求被注册的 Python 脚本必须已经上传到 IginX 服务器的相关路径下。

2. 同时，如果要求在多个 IginX 上都可运行该 transform，则需要分别在多个 IginX 节点上进行注册。

合法的 Python Transform 脚本至少要包括一个自定义类（名称不做要求）、和一个类成员函数 transform(self, rows) 。

Transform 方法的输入输出均为一个二维列表，且必须是基础类型，用户可以在 transform 方法里面实现自己的数据处理逻辑。

一个合法的 Python 脚本 row_sum.py 如下所示：

```
import pandas as pd
import numpy as np

class RowSumTransformer:
```

```
    def __init__(self):
        pass

    def transform(self, rows):
        df = pd.DataFrame(rows)
        ret = np.zeros((df.shape[0], 2), dtype=np.integer)
        for index, row in df.iterrows():
            row_sum = 0
            for num in row[1:]:
                row_sum += num
            ret[index][0] = row[0]
            ret[index][1] = row_sum
        return pd.DataFrame(ret, columns=['time', 'sum']).values.tolist()
```

这个 Python 脚本实现了按行求和的功能。

实现完 Python 脚本之后，我们要将其注册到 IginX 实例中：

```
REGISTER transform PYTHON TASK <className> IN <filePath> AS <name>;
```

其中，<className>为自定义脚本类名，<filePath>为 Python 脚本文件所在的绝对路径，<name>为 transform 脚本别名。

比如，假设我们将上面编写的 row_sum.py 在 data/script 目录下注册到 IginX：

```
REGISTER transform PYTHON TASK "RowSumTransformer" IN "data/script/row_sum.py" AS "row_sum";
```

注册完成后我们还能查询已注册的 Python 脚本：

```
SHOW REGISTER PYTHON TASK;
```

或者删除已注册的 Python 脚本：

```
DROP PYTHON TASK <name>;
```

5.3 运行 Transform 作业

当做完上述的准备工作之后，我们就可以开始编排 Transform 作业，并提交给 IginX 执行了。通过任务编排以进行使用，是 Transform 与下一章节所介绍的 UDF 之间的主要差别。相比之下 UDF 主要用于在 SQL 中进行使用。

IginX 收到 Transform 作业，并在检查过作业合法性之后，会返回一个 JobId，并开始异步执行作业，用户可以通过 JobId 来查询作业的执行状态，任务总共有 8 种状态，如表 5.1 所示。

表 5.1

名称	描述
JOB_UNKNOWN(0)	作业状态未知
JOB_FINISHED(1)	作业完成
JOB_CREATED(2)	作业创建
JOB_RUNNING(3)	作业运行中
JOB_FAILING(4)	作业失败中（正在释放资源）
JOB_FAILED(5)	作业失败
JOB_CLOSING(6)	作业取消中（正在释放资源）
JOB_CLOSED(7)	作业取消

作业中的任务，根据其计算所依赖数据的局部性情况，会形成不同的数据流动方式，并形成 2 种不同类型的任务，如表 5.2 所示，即（1）对于给定输入数据集，如果任务可以仅使用部分数据，就输出这部分数据的正确计算结果，且部分结果直接合并即为全局结果，即为流式任务（2）对于给定输入数据集，如果任务需要获得所有输入数据后，才能输出全局正确结果，即为批式任务。

注意：任务类型的正确判断与定义，会直接影响作业的调度与性能。

表 5.2

dataFlowType	描述
stream	流式任务，数据会以流式的方式一批一批的回调 python 脚本中定义的 transform 方法，每批数据量的大小可以通过修改配置文件的 batchSize 项来定义
batch	批式任务，等上游全部数据都被读取进内存后才会回调 python 脚本中定义的 transform 方法

每一个合法的 Transform Job 都必须包含至少一个 task，且第一个 task 必须为一个 IginX 的查询任务，以保证我们有数据源提供数据给后续的 Transform 脚本执行。

我们有两种方式可以提交执行，一种是编写 yaml 文件，并通过 SQL 提交执行作业；另一种是通过 IginX-Session 提交作业，并通过 Session 查询作业状态。

5.3.1 方式 1：IginX-SQL

一个合法的任务配置文件 job.yaml 如下所示:

```
taskList:
  - taskType: iginx
    dataFlowType: stream
    timeout: 10000000
    sqllist:
       - select value1, value2, value3, value4 from transform;
  - taskType: python
    dataFlowType: stream
    timeout: 10000000
    pyTaskName: row_sum

#exportType: none
#exportType: iginx
exportType: file
#exportFile: /path/to/your/output/dir
exportFile: /Users/cauchy-ny/Downloads/export_file_sum_sql.txt
exportNameList:
    - col1
    - col2
```

提交文件时，应提供其绝对路径，例如：job.yaml 位于 xxx/xxx/job.yaml，则可以使用以下语句提交：

```
COMMIT TRANSFORM JOB "xxx/xxx/job.yaml";
```

通过返回的 JobId 查询 transform 作业状态

```
SHOW TRANSFORM JOB STATUS 12323232;
```

5.3.2 方式 2：IginX-Session

```
// 构造任务
List<TaskInfo> taskInfoList = new ArrayList<>();

TaskInfo iginxTask = new TaskInfo(TaskType.IginX, DataFlowType.Stream);
iginxTask.setSql("select value1, value2, value3, value4 from transform;");
taskInfoList.add(iginxTask);

TaskInfo pyTask = new TaskInfo(TaskType.Python, DataFlowType.Stream);
pyTask.setPyTaskName("RowSumTransformer");
taskInfoList.add(pyTask);

// 提交任务
long jobId = session.commitTransformJob(taskInfoList, ExportType.File, "data" +
File.separator + "export_file.txt");
System.out.println("job id is " + jobId);
```

```
// 轮询查看任务情况
JobState jobState = JobState.JOB_CREATED;
while (!jobState.equals(JobState.JOB_CLOSED)
&& !jobState.equals(JobState.JOB_FAILED)
&& !jobState.equals(JobState.JOB_FINISHED)) {
   Thread.sleep(500);
   jobState = session.queryTransformJobStatus(jobId);
}
System.out.println("job state is " + jobState.toString());
```

六、 基于 Python 的用户定义函数：UDF

6.1 概述

IginX 提供了多种系统内置函数，包括 min、max、sum、avg、count、first、last 等，但某些时候在实际的运用过程中仍然不能满足我们所有的需求，这时我们提供了 IginX UDF（User-Defined Function）。

IginX UDF 使用户能通过编写 Python 脚本来定义自己所需要的函数，注册到 IginX 元数据中，并在 IginX-SQL 中使用，UDF 可以分为三类 UDTF、UDAF、UDSF。

6.1.1 UDTF (user-defined time series function)

接受一行输入，并产生一行输出，如计算正弦值的 UDF 函数：

```
import math

class UDFSin:
    def __init__(self):
        pass

    def transform(self, row):
        res = []
        for num in row:
            res.append(math.sin(num))
        return res
```

6.1.2 UDAF (user-defined aggregate function)

接受多行输入，并产生一行输出，如计算平均值的 UDF 函数：

```
import pandas as pd

class UDFAvg:
    def __init__(self):
        pass

    def transform(self, rows):
        df = pd.DataFrame(rows)
        ret = pd.DataFrame(data=df.max(axis=0)).transpose()
        return ret.values.tolist()
```

6.1.3 UDSF (user-defined set transform function)

接受多行输入，并产生多行输出，如经典傅立叶变换 UDF 函数：

```
import pandas as pd
```

```
import numpy as np

class UDFRowSum:
    def __init__(self):
        pass

    def transform(self, rows):
        df = pd.DataFrame(rows)
        ret = np.zeros((df.shape[0], 2), dtype=np.integer)
        for index, row in df.iterrows():
            row_sum = 0
            for num in row[1:]:
                row_sum += num
            ret[index][0] = row[0]
            ret[index][1] = row_sum
        return pd.DataFrame(ret, columns=['time', 'sum']).values.tolist()
```

6.2 环境准备

首先确保本地有 python3 环境。IginX 的 Python UDF 依赖 Pemja 实现，需要在本地安装 Pemja 依赖（0.1.x 版本）：

```
> pip install pemja==0.1.5
```

我们要在配置文件里面设置本地的 python 执行路径：

```
# python 脚本启动命令
pythonCMD=python3
```

建议设置为"which python"查询出的绝对路径，否则可能会找不到某些第三方依赖包，如下所示：

```
> which python
> python: aliased to /Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.7/bin/python3

# python 脚本启动命令
pythonCMD=/Library/Frameworks/Python.framework/Versions/3.7/bin/python3
```

6.3 UDF 编写

合法的 Python UDF 脚本至少要包括一个自定义类（名称不做要求）、和一个类成员函数 transform(self, rows)。

```
class UDFFunction:
    def __init__(self):
        pass
```

```
'''
rows: 函数输入
    对于 UDTF 来说是一个 1*n 的一维列表
    对于 UDAF 和 UDSF 来说输入为一个 m*n 的二维列表

return: 返回值
     对于 UDTF 和 UDAF 来说，返回的是一个 1*n 的一位列表
     对于 UDSF 来说输入为一个 m*n 的二维列表
'''
def transform(self, rows):
   // 实现自定义逻辑
   return ret
```

三种合法的 UDF 示例可以参见概述部分。

6.4 UDF 注册

注意：

1. 由于当前 UDF 注册不支持文件在客户端与 IginX 服务器之间传输，因此，要求被注册的 Pyhton 脚本必须已经上传到 IginX 服务器的相关路径下。

2. 同时，如果要求在多个 IginX 上都可运行该 UDF，则需要分别在多个 IginX 节点上进行注册。

对于 IginX 来说，UDF 编写完成后还需要注册到 IginX 中才能被使用，IginX 主要需要知道以下信息：

1. UDF 名（可以与自定义类名不一致）
2. 自定义脚本类名
3. Python 脚本的文件名
4. 函数类型

对于 UDF 注册来说主要有以下两种方式，一是通过 SQL 注册，二是通过修改配置文件在启动时加载。

6.4.1 方式 1：注册

```
REGISTER <udfType> PYTHON TASK <className> IN <filePath> AS <name>;

udfType
   : UDAF
   | UDTF
   | UDSF
   ;
```

udfType 为函数类型，className 为自定义脚本类名，filePath 为 Python 脚本文件所在的绝对路径，name 为 UDF 名。

以下是应用示例。我们编写了一个计算正弦值的 UDTF，文件名为 udtf_sin.py，位于文件夹 aa/bb 下。

```
import math

class UDFSin:
    def __init__(self):
        pass

    def transform(self, row):
        res = []
        for num in row:
            res.append(math.sin(num))
        return res
```

我们可以通过下面的语句，将其注册到 IginX 中：

```
REGISTER UDTF PYTHON TASK "UDFSin" IN "aa/bb/udtf_sin.py" AS "sin";
```

6.4.2 方式 2：配置文件

IginX 启动时，如果 needInitBasicUDFFunctions 选项被设置为 true，则会根据 udfList 中配置的 UDF 信息加载 python_scripts 文件夹下的 Python 脚本，并注册到元信息中。

1. 将配置文件的 needInitBasicUDFFunctions 项设置为 true：

```
# 是否初始化配置文件内指定的 UDF
needInitBasicUDFFunctions=true
```

2. 将编写好的 Python 文件放在 python_scripts 文件夹中。
3. 修改配置文件中的 udfList 配置项，不同的 udf 之间用 "," 隔开。

```
# 初始化 UDF 列表，用","分隔 UDF 实例
# 函数别名(用于 SQL)#类名#文件名#函数类型
udfList=udf_min#UDFMin#udf_min.py#UDAF,udf_max#UDFMax#udf_max.py#UDAF,udf_sum#UDFSum#udf_sum.py#UDAF,udf_avg#UDFAvg#udf_avg.py#UDAF,udf_count#UDFCount#udf_count.py#UDAF
```

以下是应用示例。我们编写了一个计算正弦值的 UDTF，文件名为 udtf_sin.py，并将其拷贝到 python_scripts 文件夹下。

```
import math

class UDFSin:
    def __init__(self):
```

```
    pass

  def transform(self, row):
    res = []
    for num in row:
      res.append(math.sin(num))
    return res
```

我们可以修改配置文件，让 IginX 在启动时自动将其注册到元信息中。

```
# 是否初始化配置文件内指定的 UDF
needInitBasicUDFFunctions=true

# 初始化 UDF 列表，用","分隔 UDF 实例
# 函数别名(用于 SQL)#类名#文件名#函数类型
udfList=sin#UDFSin#udf_sin.py#UDTF
```

6.5 使用示例

现在我们希望实现一个计算正弦值的自定义 Python 函数，并注册到 IginX 中，并用它来计算序列 root.a 的正弦值。

首先，我们编写这个脚本：

```
import math

class UDFSin:
  def __init__(self):
    pass

  def transform(self, row):
    res = []
    for num in row:
      res.append(math.sin(num))
    return res
```

其次，我们将这个脚本注册到 IginX 中，假设它在路径 aa/bb 下：

```
REGISTER UDTF PYTHON TASK "UDFSin" IN "aa/bb/udtf_sin.py" AS "sin";
```

最后，我们在 SQL 查询中使用这个函数：

```
SELECT sin(a) FROM root;
```

七、 RESTful 访问接口

7.1 定义

依照 KairosDB，支持基于典型的时序数据访问 RESTful API，列出如表 7.1 所示：

表 7.1

IginX 相关 RESTful 接口
http://[host]:[port]/api/v1/datapoints
http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/delete
http://[host]:[port]/api/v1/metric

上述接口中，第一个主要涉及写入操作；第二个主要涉及查询相关操作；另外主要涉及删除操作。

其返回结果都为 RESTful 服务的状态码和提示信息，用于标识执行结果，另外查询请求会返回对应的 json 格式查询结果。状态码及其含义如表 7.2 所示：

表 7.2

RESTful 接口服务状态码
200 OK - [GET]：服务器成功返回用户请求的数据，该操作是幂等的（Idempotent）。
201 CREATED - [POST/PUT/PATCH]：用户新建或修改数据成功。
202 Accepted - [*]：表示一个请求已经进入后台排队（异步任务）
204 NO CONTENT - [DELETE]：用户删除数据成功。
400 INVALID REQUEST -[POST/PUT/PATCH]：用户发出的请求有错误，服务器没有进行新建或修改数据的操作，该操作是幂等的。
401 Unauthorized - [*]：表示用户没有权限（令牌、用户名、密码错误）。
403 Forbidden - [*] 表示用户得到授权（与 401 错误相对），但是访问是被禁止的。
404 NOT FOUND - [*]：用户发出的请求针对的是不存在的记录，服务器没有

进行操作，该操作是幂等的。
406 Not Acceptable - [GET]：用户请求的格式不可得（比如用户请求 JSON 格式，但是只有 XML 格式）。
410 Gone -[GET]：用户请求的资源被永久删除，且不会再得到的。
422 Unprocesable entity - [POST/PUT/PATCH] 当创建一个对象时，发生一个验证错误。
500 INTERNAL SERVER ERROR - [*]：服务器发生错误，用户将无法判断发出的请求是否成功。

如果写入、查询和删除请求失败会返回状态码 INVALID REQUEST，在返回的正文会提供错误原因。

如果请求的路径错误会返回状态码 NOT FOUND，正文为空。

如果请求成功执行会返回状态码 OK，除查询请求会返回结果外剩余的请求正文均为空。

7.2 描述

目前支持的操作分写入、查询、删除三部分，部分操作需要在请求中附加一个 json 文件说明操作涉及的数据或数据范围。相关操作及接口访问具体定义描述如下：

7.2.1 写入操作

该操作实现插入一个或多个 metric 的方法。每个 metric 包含一个或多个数据点，并可通过 tag 添加该 metric 的分类信息便于查询。

7.2.1.1 插入数据点

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @insert.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints
- insert.json 示例内容

```
[{
        "name": "archive_file_tracked",
        "datapoints": [
            [1359788400000, 123.3],
            [1359788300000, 13.2],
            [1359788410000, 23.1]
        ],
        "tags": {
            "host": "server1",
            "data_center": "DC1"
        },
```

```
        "annotation": {
            "category": ["cat1"],
            "title": "text",
            "description": "desp"
        }
    },
    {
        "name": "archive_file_search",
        "timestamp": 1359786400000,
        "value": 321,
        "tags": {
            "host": "server2"
        }
    }
]
```

- insert.json 参数描述：

该文件包含一个 metric 构成的数组，数组每一个值为一个表示一个 metric 的 json 字符串，字符串支持的 key 和对应的 value 含义如下：

- name：必须包含该参数。表示需要插入的 metric 的名称，一个 metric 名称唯一对应一个 metric。
- timestamp：插入单个数据点时使用，表示该数据点的时间戳，数值为从 UTC 时间 1970 年 1 月 1 日到该对应时间的毫秒数。
- value：插入单个数据点时使用，表示该数据点的值，可以是数值或字符串。
- datapoints：插入多个数据点时使用，内容为一个数组，每一个值表示一个数据点，为[timestamp, value]的形式（定义参照上述 timestamp 和 value）。
- tags：必须包含该参数。表示为该 metric 添加的标签，可用于定向查找相应的内容。内容为一个字典，可自由添加键和值。可为空值。
- annotation: 可选项，用于标记该 metric 的所有数据点，须提供 category、title 和 description 三个域，其中 category 为字符串数组，title 和 description 为字符串。

7.2.2 查询操作

7.2.2.1 查询时间范围内的数据

该查询支持对一定时间范围内的数据执行查询，并返回查询结果。

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
- query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
```

```
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
            "name": "archive_file_tracked",
            "tags": {
                "host": ["server1", "server2"],
                "data_center": ["DC1"]
            }
        },
        {
            "name": "archive_file_search"
        }
    ]
}
```

- query.json 参数描述：
  - start_absolute/end_absolute：表示查询对应的起始/终止的绝对时间，数值为从 UTC 时间 1970 年 1 月 1 日到该对应时间的毫秒数。
  - start_relative/end_relative：表示查询对应的起始/终止的相对当前系统的时间，值为包含两个键 value 和 unit 的字典。其中 value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，值表示查询 "milliseconds","seconds", "minutes", "hours", "days", "weeks", "months"中的一个。
  - （上述两组参数中，start_absolute 和 start_relative 必须包含且仅包含其中一个，end_absolute 和 end_relative 必须包含且仅包含其中一个）。
  - metrics：表示对应需要查询的不同 metric。值为一个数组，数组中每一个值为一个字典，表示一个 metric。字典的参数如下：
    - name：必要参数，表示需要查询的 metric 的名字。
    - tags：可选参数，表示需要查询的 metrics 中对应的 tag 信息需要符合的范围。tags 对应的值为一个字典，其中每一个键表示查询结果必须包含该 tag，该键对应的值为一个数组，表示查询结果中这个 tag 的值必须是该数组中所有值中的一个。例子中 archive_file_tracked 的 tags 参数表示查询结果中 data_center 标签的值必须为 DC1，host 标签的值必须为 server1 或 server2。

7.2.2.2 包含聚合的查询

该查询支持对相应的查询结果进行均值（avg）、方差（dev）、计数（count）、首值（first）、尾值（last）、最大值（max）、最小值（min）、求和值（sum）、一阶差分（diff）、除法（div）、值过滤（filter）、另存为（save_as）、变化率（rate）、采样率（sampler）、百分数（percentile）这些聚合查询。

若需要执行包含聚合的查询，相应查询 json 文件结构基本与章节 7.2.2.1 中一致，在需要执行聚合查询的 metric 项中添加 aggregators 参数，表示这一聚合器的具体信息。aggregators 对应的值为一个数组，数组中每一个值表示一个特定的 aggregator（上述 15 种功能之一），查询结果按照 aggregator 出现的顺序按照顺序输出。

同时，部分聚合查询需要采样操作，即从查询的起始时间每隔一定的时间得到聚合结果。采样操作需要在 aggregators 对应的某一个 aggregator 值中添加 sampling 的字

典，包含两个键 value 和 unit。其中 value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，可为"milliseconds", "seconds", "minutes", "hours", "days", "weeks", "months", " years"中的一个。

每一种 aggregator 的具体功能的实例和详细参数如下所示：

1. 均值聚合查询（avg）
   - 含义：查询对应范围内数据的平均值，仅对数值类型数据有效。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @avg_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - avg_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "tags": {
            "host": [
                "server2"
            ]
        },
        "aggregators": [{
            "name": "avg",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

   - avg_query.json 参数描述：
     - name：表示该聚合查询的类型，必须为"avg"。
     - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。
2. 方差聚合查询（dev）
   - 含义：查询对应范围内数据的方差，仅对数值类型数据有效。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @dev_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - dev_query.json 示例内容

```
{
```

```
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "dev",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            },
            "return_type": "value"
        }]
    }]
}
```

- dev_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"dev"。
  - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

3. 计数聚合查询（count）
   - 含义：查询对应范围内数据点的个数。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @count_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - count_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "count",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

- count_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"count"。
  - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

4. 首值聚合查询（first）
   - 含义：查询对应范围内数据的时间戳最早的数据点的值。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @first_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - first_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "first",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

   - first_query.json 参数描述：
     - name：表示该聚合查询的类型，必须为"first"。
     - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

5. 尾值聚合查询（last）
   - 含义：查询对应范围内数据的时间戳最晚的数据点的值。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @last_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - last_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
```

```
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "last",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

- last_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"last"。
  - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

6. 最大值聚合查询（max）
   - 含义：查询对应范围内数据的最大值，仅对数值类型数据有效。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @max_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - max_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "max",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

   - max_query.json 参数描述：
     - name：表示该聚合查询的类型，必须为"max"。
     - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节

7.2.2.1 所述。

7. 最小值聚合查询（min）
   - 含义：查询对应范围内数据的最小值，仅对数值类型数据有效。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @min_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - min_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "min",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

   - min_query.json 参数描述：
     - name：表示该聚合查询的类型，必须为"min"。
     - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

8. 求和值聚合查询（sum）
   - 含义：查询对应范围内数据的所有数值的和，仅对数值类型数据有效。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @sum_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - sum_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
```

```
            "name": "sum",
            "sampling": {
                "value": 2,
                "unit": "seconds"
            }
        }]
    }]
}
```

- sum_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"sum"。
  - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

9. 一阶差分聚合查询（diff）
   - 含义：查询对应范围内数据的一阶差分，仅对数值类型数据有效。
   - 命令：
     curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @diff_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
   - diff_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "diff"
        }]
    }]
}
```

   - diff_query.json 参数描述：
     - name：表示该聚合查询的类型，必须为"diff"。

10. 除法聚合查询（div）
    - 含义：返回对应时间范围内每一个数据除以一个定值后的值，仅对数值类型数据有效。
    - 命令：
      curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @div_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
    - div_query.json 示例内容

```
{
```

```
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "div",
            "divisor": "2"
        }]
    }]
}
```

- div_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"div"。
  - divisor：表示对应除法的除数。

11. 值过滤聚合查询（filter）
    - 含义：查询对应范围内数据进行简单值过滤后的结果，仅对数值类型数据有效。
    - 命令：
      curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @filter_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
    - filter_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "filter",
            "filter_op": "lt",
            "threshold": "25"
        }]
    }]
}
```

- filter_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"filter"。
  - filter_op：表示执行值过滤对应的符号，值可为"lte", "lt","gte","gt","equal", 分别代表“大于等于”、“大于”、“小于等于”、“小于”、“等于”。
  - threshold：表示值过滤对应的阈值，为数值。

12. 另存为聚合查询（save_as）

- 含义：该操作将查询得到的结果保存到一个新的 metric 中。
- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @save_as_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
- save_as_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "save_as",
            "metric_name": "test_save_as"
        }]
    }]
}
```

- save_as_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"save_as"。
  - metric_name：表示将查询结果保存到新的 metric 的名称。

13. 变化率聚合查询（rate）
- 含义：查询对应范围内数据在每两个相邻区间的变化率，仅对数值类型数据有效。
- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @rate_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
- rate_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "rate",
            "sampling": {
                "value": 1,
                "unit": "seconds"
            }
```

```
        }]
    }]
}
```

- rate_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"rate"。
  - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

14. 采样率聚合查询（sampler）
    - 含义：查询对应范围内数据的采样率。
    - 命令：
      curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @sampler_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
    - sampler_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "sampler",
            "unit": "minutes"
        }]
    }]
}
```

    - sampler_query.json 参数描述：
      - name：表示该聚合查询的类型，必须为"sampler"。
      - unit：必要参数，对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。

15. 百分位数聚合查询（percentile）
    - 含义：计算数据在目标区间的概率分布，并返回该分布的指定百分位数。这一查询仅对数值类型数据有效。
    - 命令：
      curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @percentile_query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query
    - percentile_query.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
```

```
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "aggregators": [{
            "name": "percentile",
            "sampling": {
                "value": "5",
                "unit": "seconds"
            },
            "percentile": "0.75"
        }]
    }]
}
```

- percentile_query.json 参数描述：
  - name：表示该聚合查询的类型，必须为"percentile"。
  - sampling：必要参数，value 对应采样间隔时间值，unit 对应单位，如章节 7.2.2.1 所述。
  - percentile：为需要查询的概率分布中的百分比值，定义为 0 < percentile <= 1，其中 0.75 为第 75%大的值，1 为 100%即最大值。

7.2.3 删除操作

该操作实现两个删除方法：包括通过时间范围、metric 信息查询并删除符合条件的所有数据点的方法，和直接根据 metric 名称删除某一个 metric 与其中所有数据点的方法。

7.2.3.1 删除数据点

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @delete.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/delete
- delete.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1,
    "end_relative": {
        "value": "5",
        "unit": "days"
    },
    "metrics": [{
        "name": "test_query",
        "tags": {
            "host": ["server2"]
        }
    }]
```

```
}
```

- delete.json 参数描述：
  - 参数含义参见章节 7.2.2.1“查询时间范围内的数据”。

7.2.3.2 删除 metric

- 命令：
  curl -XDELETE http://[host]:[port]/api/v1/metric/[metric_name]
  其中，metric_name 表示对应需要删除的 metric 的名称。

7.3 特性

IginX 的 RESTful 接口具备以下访问特性：

- 接口定义与实现符合 RESTful 通用规范。
- RESTful 接口与 API 接口同时提供服务，互不干扰。

7.4 性能

- 数据精确度：与底层时序数据库相同。
- 吞吐性能特性：IginX RESTful 服务也是无状态的，因此，当应用连接增加的时候，可以实时进行任意规模的扩展，从而确保底层单实例数据库的性能可得到全面体现，即 IginX RESTful 服务不会成为系统瓶颈。

八、 基于 RESTful 实现序列段打标记

8.1 添加标记

添加标记功能支持对于满足条件的数据增加标记。即，给出时间范围、要求添加标签的时序列信息，以及要添加的标签信息，向这段时序列添加给定标签，具体说明如下：

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @add.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/annotations/add
- add.json 示例内容

```
{
    "start_absolute": 1359788400000,
    "end_absolute": 1359788400001,
    "metrics": [{
        "name": "archive_file_tracked.ann",
        "tags": {
            "host": ["server1"],
            "data_center": ["DC1"]
        },
        "annotation": {
            "category": ["cat3", "cat4"],
            "title": "titleNewUp",
            "description": "dspNewUp"
        }
    }, {
        "name": "archive_file_tracked.bcc",
        "tags": {
            "host": ["server1"],
            "data_center": ["DC1"]
        },
        "annotation": {
            "category": ["cat3", "cat4"],
            "title": "titleNewUpbcc",
            "description": "dspNewUpbcc"
        }
    }]
}
```

- add.json 参数描述：
  - start_absolute/end_absolute：必要参数，表示查询对应的起始/终止的绝对时间，数值为从 UTC 时间 1970 年 1 月 1 日到该对应时间的毫秒数。
  - start_relative/end_relative：必要参数，表示查询对应的起始/终止的相对当前系统的时间，值为包含两个键 value 和 unit 的字典。其中 value 对应采样间隔时

间值，unit 对应单位，值表示查询"milliseconds","seconds", "minutes", "hours", "days", "weeks", "months"中的一个。

- 该文件包含一个 metric 构成的数组，数组每一个值为一个表示一个 metric 的 json 字符串，字符串支持的 key 和对应的 value 含义如下：
  - name：必要参数，表示需要查询的 metric 的名字。
  - tags：必要参数，表示需要添加标签的 metrics 中对应的 tag 信息需要符合的范围。tags 对应的值为一个字典，其中每一个键表示查询结果必须包含该 tag，该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须是该数组中所有值中的一个。
  - annotation: 必须包含该参数，用于标记该 metric 的所有数据点，包含 category、title 和 description 三个域，其中 category 为字符串数组，且为必要参数，title 和 description 为字符串，为非必要参数。

8.2 更新标记

对于已经添加的标记，还可以通过更新标记的功能对其更新。即，给出要更新标签的时序列信息（包括其已有的标签信息），以及要最终要更新为的标签信息，更新此段时序列的标签信息，具体说明如下：

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @update.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/annotations/update
- update.json 示例内容

```
{
    "metrics": [{
        "name": "archive_file_tracked.ann",
        "tags": {
            "host": ["server2"],
            "data_center": ["DC2"]
        },
        "annotation": {
            "category": ["cat3"]
        },
        "annotation-new": {
            "category": ["cat6"],
            "title": "titleNewUp111",
            "description": "dspNewUp111"
        }
    }, {
        "name": "archive_file_tracked.bcc",
        "tags": {
            "host": ["server1"],
            "data_center": ["DC1"]
        },
        "annotation": {
```

```
            "category": ["cat2"]
        },
        "annotation-new": {
            "category": ["cat6"],
            "title": "titleNewUp111bcc",
            "description": "dspNewUp111bcc"
        }
    }]
}
```

- update.json 参数描述：
  - 该文件包含一个 metric 构成的数组，数组每一个值为一个表示一个 metric 的 json 字符串，字符串支持的 key 和对应的 value 含义如下：
    - name：必要参数，表示需要更新的 metric 的名字。
    - tags：必要参数，表示需要更新标签的 metrics 中对应的 tag 信息需要符合的范围。tags 对应的值为一个字典，其中每一个键表示查询结果必须包含该 tag，该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须是该数组中所有值中的一个。
    - annotation: 必须包含该参数，表示需要更新标签的 metrics 中对应的 annotation 信息需要符合的范围，包含 category 一个域，其中 category 为字符串数组，且为必要参数。category 该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须包含该数组中所有的值。
    - annotation-new: 必须包含该参数，表示需要最终 annotation 的更新结果，包含 category、title 和 description 三个域，其中 category 为字符串数组，且为必要参数，title 和 description 为字符串，为非必要参数。

8.3 查询标记

1. 给定时间序列查询标记

   给定单条或多条时间序列，查询标记功能可以返回其包含的标记集合，具体如下：

- 命令：

  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query/annotations
- query.json 示例内容

```
{
    "metrics": [{
        "name": "archive_file_tracked.ann",
        "tags": {
            "host": ["server1"],
            "data_center": ["DC1"]
        }
    }, {
        "name": "archive_file_tracked.bcc",
        "tags": {
```

```
            "host": ["server1"],
            "data_center": ["DC1"]
        }
    }]
}
```

- query.json 参数描述：
  - 该文件包含一个 metric 构成的数组，数组每一个值为一个表示一个 metric 的 json 字符串，字符串支持的 key 和对应的 value 含义如下：
    - name：必要参数，表示需要查询的 metric 的名字。
    - tags：必要参数，表示要查询的 metrics 中对应的 tag 信息需要符合的范围。tags 对应的值为一个字典，其中每一个键表示查询结果必须包含该 tag，该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须是该数组中所有值中的一个。

2. 给定标记查询时间序列及数据点

相应地，除了给定时间序列查询标记，查询标记功能还支持给定标记查询时间序列及数据点，具体说明如下：

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @ query.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/query/annotations/data
- query.json 示例内容如下：

```
{
    "metrics": [{
        "annotation": {
            "category": ["cat4"]
        }
    }, {
        "annotation": {
            "category": ["cat3"]
        }
    }]
}
```

- query.json 参数描述：
  - 该文件包含一个 metric 构成的数组，数组每一个值为一个表示一个 metric 的 json 字符串，字符串支持的 key 和对应的 value 含义如下：
    - annotation: 必须包含该参数，为要查询的 metric 的需要包含的标签信息，包含 category、title 两个域，其中 category 为字符串数组，且为必要参数，title 为字符串，为非必要参数。category 该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须包含该数组中所有的值。

8.4 删除标记

对于已经添加的标记，如果发现添加错误，可以通过删除标记的功能将其删除，具体说明如下：

- 命令：
  curl -XPOST -H'Content-Type: application/json' -d @delete.json http://[host]:[port]/api/v1/datapoints/annotations/delete
- delete.json 示例内容

```
{
    "metrics": [{
        "name": "archive_file_tracked.ann",
        "tags": {
            "host": ["server2"],
            "data_center": ["DC2"]
        },
        "annotation": {
            "category": ["cat3", "cat4"]
        }
    }]
}
```

- delete.json 参数描述：
  - 该文件包含一个 metric 构成的数组，数组每一个值为一个表示一个 metric 的 json 字符串，字符串支持的 key 和对应的 value 含义如下：
    - name：必要参数，表示需要查询的 metric 的名字。
    - tags：必要参数，表示需要添加标签的 metrics 中对应的 tag 信息需要符合的范围。tags 对应的值为一个字典，其中每一个键表示查询结果必须包含该 tag，该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须是该数组中所有值中的一个。
    - annotation: 必须包含该参数，为要查询的 metric 的需要包含的标签信息，包含 category、title 两个域，其中 category 为字符串数组，且为必要参数，title 为字符串，为非必要参数。category 该键对应的值为一个数组，表示要添加标签的对象中这个 tag 的值必须包含该数组中所有的值。

九、 数据访问接口

9.1 定义

如表 9.1 所示，IginX 支持基于典型的时序数据访问 API：

表 9.1

IginX 接口
OpenSessionResp openSession(1:OpenSessionReq req);
Status closeSession(1:CloseSessionReq req);
Status deleteColumns(1:DeleteColumnsReq req);
Status insertRowRecords(1:InsertRowRecordsReq req);
Status insertNonAlignedRowRecords(1:InsertNonAlignedRowRecordsReq req);
Status insertColumnRecords(1:InsertColumnRecordsReq req);
Status insertNonAlignedColumnRecords(1:InsertNonAlignedColumnRecordsReq req);
Status deleteDataInColumns(1:DeleteDataInColumnsReq req);
QueryDataResp queryData(1:QueryDataReq req);
AggregateQueryResp aggregateQuery(1:AggregateQueryReq req);
DownsampleQueryResp downsampleQuery(DownsampleQueryReq req):
ExecuteSqlResp executeSql(1: ExecuteSqlReq req);

9.2 描述

各接口具体含义如下：

- openSession：创建 Session
  - 输入参数：IP，端口号，用户名和密码
  - 返回结果：是否创建成功，如果成功，返回分配的 Session ID
- closeSession：关闭 Session
  - 输入参数：待关闭的 Session 的 ID

- 返回结果：是否关闭成功
- deleteColumns：删除列
  - 输入参数：待删除的列名称列表
  - 返回结果：是否删除成功
- insertRowRecords：行式插入数据
  - 输入参数：列名称列表、时间戳列表、数据列表、数据类型列表和额外参数
  - 返回结果：是否插入成功
  - 说明：数据列表是二维的，内层以列组织，外层以行组织；数据不强制要求对齐
- insertNonAlignedRowRecords：行式插入非对齐数据
  - 输入参数：列名称列表、时间戳列表、数据列表、数据类型列表和额外参数
  - 返回结果：是否插入成功
  - 说明：数据列表是二维的，内层以列组织，外层以行组织；数据不强制要求对齐
- insertColumnRecords：列式插入数据
  - 输入参数：列名称列表、时间戳列表、数据列表、数据类型列表和额外参数
  - 返回结果：是否插入成功
  - 说明：数据列表是二维的，内层以行组织，外层以列组织；数据要求对齐
- insertNonAlignedColumnRecords：列式插入非对齐的数据
  - 输入参数：列名称列表、时间戳列表、数据列表、数据类型列表和额外参数
  - 返回结果：是否插入成功
  - 说明：数据列表是二维的，内层以行组织，外层以列组织；数据要求对齐
- deleteDataInColumns：删除数据
  - 输入参数：列名称列表、开始时间戳和结束时间戳
  - 返回结果：是否删除成功
- queryData：原始数据查询
  - 输入参数：列名称列表、开始时间戳和结束时间戳
  - 返回结果：查询结果集，可以提供列名称列表、时间戳列表、数据列表和数据类型列表等信息
- aggregateQuery：聚合查询
  - 输入参数：列名称列表、开始时间戳、结束时间戳和聚合查询类型
  - 返回结果：查询结果集，可以提供列名称列表、时间戳列表、数据列表和数据类型列表等信息
  - 说明：目前聚合查询支持最大值(MAX)、最小值(MIN)、求和(SUM)、计数(COUNT)、平均值(AVG)、第一个非空值(FIRST)和最后一个非空值(LAST)七种
- downsampleQuery：降采样查询
  - 输入参数：列名称列表、开始时间戳、结束时间戳、聚合类型以及聚合查询的精度
  - 返回结果：查询结果集，可以提供列名称列表、时间戳列表、数据列表和数据类型列表等信息
  - 说明：目前降采样查询中的聚合，支持最大值(MAX)、最小值(MIN)、求和

(SUM)、计数(COUNT)、平均值(AVG)、第一个非空值(FIRST)和最后一个非空值(LAST)七种

- executeSql：sql 查询
  - 输入参数：IginX-SQL 语句
  - 返回结果：查询结果集，可以提供列名称列表、时间戳列表、数据列表和数据类型列表等信息
  - 说明：具体使用方式见章节 3

9.3 特性

- 连接池：将前端应用程序查询复用到底层数据库连接池中以优化性能。
- IginX 可进行面向单机版时序数据库的并行查询，从而提高数据库查询相关性能。

9.4 性能

- 数据精确度：与底层时序数据库相同。
- 吞吐性能特性：IginX 是无状态的，因此，当应用连接增加的时候，可以实时进行任意规模的扩展，从而确保底层单实例数据库的性能可得到全面体现，即 IginX 不会成为系统瓶颈。

十、 新版数据访问接口

10.1 安装方法

- 安装命令

```
> mvn clean install -pl session -am -Dmaven.test.skip=true
```

- 依赖
  - JDK >= 1.8
  - Maven >= 3.6
- 在 Maven 中添加依赖包

```
<dependency>
  <groupId>cn.edu.tsinghua</groupId>
  <artifactId>iginx-session</artifactId>
  <version>0.5.0</version>
</dependency>
```

10.2 接口说明

IginX 提供 IginXClient 接口，来提供查询、写入、删除、用户管理、集群操作的能力。

```
public interface IginXClient extends AutoCloseable {

   WriteClient getWriteClient();

   AsyncWriteClient getAsyncWriteClient();

   QueryClient getQueryClient();

   DeleteClient getDeleteClient();

   UsersClient getUserClient();

   ClusterClient getClusterClient();

   void close();
}
```

10.3 初始化

IginXClient 由 IginXClientFactory 提供的工厂方法进行创建。该工厂允许用户传入 url 或者 host + port 以及用户名密码，来创建 Client：

```
public static IginXClient create(); // 使用默认用户名密码，连接到本地的 6888 端口部署
```

```
的 iginx

public static IginXClient create(String url);

public static IginXClient create(String host, int port);

public static IginXClient create(String url, String username, String password);

public static IginXClient create(String host, int port, String username, String password);
```

还可以传入封装各种参数的 IginXClientOptions 实例，来创建 Client：

```
public static IginXClient create(IginXClientOptions options);
```

若干创建 Client 的样例：

```
IginXClient client;

client = IginXClientFactory.create();
client = IginXClientFactory.create("127.0.0.1:6324");

client = IginXClientFactory.create("127.0.0.1", 2333, "root", "root");

client = IginXClientFactory.create(
        IginXClientOptions.builder()
        .host("192.172.1.102").port(2123).username("user").password("password")
        .build()
);
```

10.4 数据写入

IginX 支持数据的同步写入与异步写入。其中，同步的写入接口包括：

```
public interface WriteClient {

    void writePoint(final Point point) throws IginXException;

    void writePoints(final List<Point> points) throws IginXException;

    void writeRecord(final Record record) throws IginXException;

    void writeRecords(final List<Record> records) throws IginXException;

    <M> void writeMeasurement(final M measurement) throws IginXException;
```

```
    <M> void writeMeasurements(final List<M> measurements) throws IginXException;

    void writeTable(final Table table) throws IginXException;

}
```

异步的写入接口除了不会抛出 IginXException（RuntimeException）外，与同步的写入接口完全相同。

```
public interface AsyncWriteClient extends AutoCloseable {

    void writePoint(final Point point);

    void writePoints(final List<Point> points);

    void writeRecord(final Record record);

    void writeRecords(final List<Record> records);

    <M> void writeMeasurement(final M measurement);

    <M> void writeMeasurements(final List<M> measurements);

    void writeTable(final Table table) throws InterruptedException;

    @Override
    void close() throws Exception;
}
```

数据可以以数据点、数据行、数据表以及数据对象的形式，以同步或异步的方式写入到 IginX 集群中。

10.4.1 数据点

数据点为某个时间序列在给定时间点的数据采样。IginX 支持写入单个数据点，也一次写入多个数据点（不一定属于同一个时间序列）。

```
WriteClient writeClient = client.getWriteClient();

// 写入一个数据点：cpu.usage.host1 1640918819147 87.4
writeClient.writePoint(
        Point.builder()
                .timestamp(1640918819147L)
                .measurement("cpu.usage.host1")
                .doubleValue(87.4)
```

```
            .build()
);

// 写入两个数据点：
// cpu.usage.host2 1640918819147 66.3
// user.login.host2 1640918819147 admin
writeClient.writePoints(
        Arrays.asList(
                Point.builder()
                        .now()
                        .measurement("cpu.usage.host2")
                        .doubleValue(66.3)
                        .build(),
                Point.builder()
                        .now()
                        .measurement("user.login.host2")
                        .binaryValue("admin".getBytes(StandardCharsets.UTF_8))
                        .build()
        )
);
```

10.4.2 数据行

数据行是多个时间序列在同一时刻的数据采样。IginX 支持写入单行，也一次写入多行（多个行的时间序列之间可以相同也可以不同）。

```
AsyncWriteClient asyncWriteClient = client.getAsyncWriteClient();

// 异步写入一行数据，包含了 4 个时间序列：
// memory.usage.host1 now() 33.4
// memory.usage.host2 now() 24.1
// memory.usage.host3 now() 76.4
// memory.usage.host4 now() 99.8
asyncWriteClient.writeRecord(
        Record.builder()
                .measurement("memory.usage")
                .now()
                .addDoubleField("host1", 33.4)
                .addDoubleField("host2", 24.1)
                .addDoubleField("host3", 76.4)
                .addDoubleField("host4", 99.8)
                .build()
);
```

10.4.3 数据表

数据表是多个时间序列在多个时间戳的数据采样。

```
WriteClient writeClient = client.getWriteClient();

// 写入如下的二维表：
//   Time          cpu.usage.host1 cpu.usage.host2 cpu.usage.host3
//   1640918819147   23.1          22.1          null
//   1640918820147   null          77.1          86.1

long timestamp = System.currentTimeMillis() - 1000;
writeClient.writeTable(
        Table.builder()
                .measurement("cpu.usage")
                .addField("host1", DataType.DOUBLE)
                .addField("host2", DataType.DOUBLE)
                .addField("host3", DataType.DOUBLE)
                .timestamp(timestamp)
                .doubleValue("host1", 23.1)
                .doubleValue("host2", 22.1)
                .next()
                .timestamp(timestamp + 1000)
                .doubleValue("host2", 77.1)
                .doubleValue("host3", 86.1)
                .build()
);
```

10.4.4 数据对象

IginX 也支持直接写入数据对象，不过数据对象的域必须均为基本类型以及字节数组和字符串。

```
// 待写入的数据对象
@Measurement(name = "demo.pojo")
static class POJO {

    @Field(timestamp = true)
    long time;

    @Field(name = "field_int")
    int a;

    @Field(name = "field_double")
    double b;

    POJO(long time, int a, double b) {
        this.time = time;
        this.a = a;
        this.b = b;
```

```
    }
}


WriteClient writeClient = client.getWriteClient();

writeClient.writeMeasurement(
        new POJO(1640918819147L, 10, 45.1)
);

// POJO 会转化为 2 个序列进行存储：
// demo.pojo.field_int，类型是 integer
// demo.pojo.field_double，类型是 double
```

10.5 数据查询

集群操作通过 QueryClient 接口来提供。具体接口如下：

```
public interface QueryClient {

    // 数据查询，返回一个二维数据表
    IginXTable query(final Query query) throws IginXException;

    // 数据查询，并将结果集映射成对象列表（每行映射为一个对象）
    <M> List<M> query(final Query query, final Class<M> measurementType) throws
IginXException;

    // 传入 SQL 语句进行查询，返回一个二维数据表
    IginXTable query(final String query) throws IginXException;

    // 数据查询，并通过传入的 consumer 流式消费查询结果的每一行
    void query(final Query query, final Consumer<IginXRecord> onNext) throws
IginXException;

    // 传入 SQL 语句进行查询，通过传入的 consumer 流式消费查询结果的每一行
    void query(final String query, final Consumer<IginXRecord> onNext) throws
IginXException;

    // 传入 SQL 语句进行查询，并将结果集映射成对象列表（每行映射为一个对象）
    <M> List<M> query(final String query, final Class<M> measurementType) throws
IginXException;

    // 传入 SQL 语句进行查询，将结果集映射成对象列表（每行映射为一个对象), 并通
过传入的 consumer 流式消费查询结果
    <M> void query(final String query, final Class<M> measurementType, final
```

```
Consumer<M> onNext) throws IginXException;

  // 数据查询，将结果集映射成对象列表（每行映射为一个对象), 并通过传入的
consumer 流式消费查询结果
  <M> void query(final Query query, final Class<M> measurementType, final
Consumer<M> onNext) throws IginXException;

}
```

10.5.1 一般查询

通常查询可以传入一个 Query 对象，也可以直接传入一条 SQL 语句。现有的 Query 包括 SimpleQuery、DownsampleQuery、AggregateQuery、LastQuery 等等。

```
QueryClient queryClient = client.getQueryClient();

IginXTable table = queryClient.query( // 查询 a.a.a 序列最近一秒内的数据
      SimpleQuery.builder()
            .addMeasurement("a.a.a")
            .startTime(System.currentTimeMillis() - 1000L)
            .endTime(System.currentTimeMillis())
            .build()
);

table = queryClient.query( // 查询 a.a.a 序列最近 60 秒内的数据，并以 1 秒为单位进行聚
合
      DownsampleQuery.builder()
            .addMeasurement("a.a.a")
            .startTime(System.currentTimeMillis() - 60 * 1000L)
            .endTime(System.currentTimeMillis())
            .precision(1000)
            .build()
);
```

查询出的结果为一张二维表，由表头和若干行组成，下述代码会遍历整张数据表并打印：

```
IginXHeader header = table.getHeader();
if (header.hasTimestamp()) {
  System.out.print("Time\t");
}
for (IginXColumn column: header.getColumns()) {
  System.out.print(column.getName() + "\t");
}
System.out.println();
List<IginXRecord> records = table.getRecords();
```

```
for (IginXRecord record: records) {
    if (header.hasTimestamp()) {
        System.out.print(record.getTimestamp());
    }
    for (IginXColumn column: header.getColumns()) {
        System.out.print(record.getValue(column.getName()));
        System.out.print("\t");
    }
    System.out.println();
}
```

10.5.2 对象映射

IginX 支持将查询到的二维表 IginXTable 的每一行映射成对象，来进行处理。整个对象映射可以视为写入数据对象的逆过程。

```
@Measurement(name = "demo.pojo")
static class POJO {

    @Field(timestamp = true)
    long timestamp;

    @Field(name = "field_int")
    int a;

    @Field(name = "field_double")
    double b;

    POJO(long timestamp, int a, double b) {
        this.timestamp = timestamp;
        this.a = a;
        this.b = b;
    }
}

QueryClient queryClient = client.getQueryClient();
List<POJO> pojoList = queryClient.query("select * from demo.pojo where time < now() and time > now() - 1000", POJO.class); // 查询最近一秒内的 pojo 对象
```

10.5.3 流式读取

无论是一般查询还是对象查询，IginX 都支持流式的消费查询结果。只需要在执行查询时候，额外传入一个 Comsumer，用于顺序消费每一行数据即可。

```
QueryClient queryClient = client.getQueryClient();

// 查询 a.a 开头的序列在最近一小时内的数据
```

```
queryClient.query("select * from a.a where time < now() and time > now() - 1h", new
Consumer<IginXRecord>() {
    @Override
    public void accept(IginXRecord record) {
        // 打印该行的数据
        IginXHeader header = record.getHeader();
        if (header.hasTimestamp()) {
            System.out.print(record.getTimestamp());
        }
        for (IginXColumn column: header.getColumns()) {
            System.out.print(record.getValue(column.getName()));
            System.out.print("\t");
        }
        System.out.println();
    }
});
```

10.6 数据删除

删除操作通过 DeleteClient 接口来提供。具体接口如下：

```
public interface DeleteClient {

    // 删除某个时间序列
    void deleteMeasurement(final String measurement) throws IginXException;

    // 删除多个时间序列
    void deleteMeasurements(final Collection<String> measurements) throws IginXException;

    // 删除某个类对应的时间序列
    void deleteMeasurement(final Class<?> measurementType) throws IginXException;

    // 删除某个时间序列在 [startTime, endTime) 这段时间上的数据
    void deleteMeasurementData(final String measurement, long startTime, long endTime)
throws IginXException;

    // 删除多个时间序列在 [startTime, endTime) 这段时间上的数据
    void deleteMeasurementsData(final Collection<String> measurements, long startTime,
long endTime) throws IginXException;

    // 删除某个类对应的时间序列在 [startTime, endTime) 这段时间上的数据
    void deleteMeasurementData(final Class<?> measurementType, long startTime, long
endTime) throws IginXException;

}
```

10.7 用户管理

用户管理通过 UsersClient 接口来提供。具体接口如下：

```
public interface UsersClient {

   // 增加新用户
   void addUser(final User user) throws IginXException;

   // 更新用户权限
   void updateUser(final User user) throws IginXException;

   // 更新用户密码
   void updateUserPassword(final String username, final String newPassword) throws
IginXException;

   // 根据用户名删除用户
   void removeUser(final String username) throws IginXException;

   // 根据用户名查询用户
   User findUserByName(final String username) throws IginXException;

   // 获取系统所有的用户信息
   List<User> findUsers() throws IginXException;

}
```

10.8 集群操作

集群操作通过 ClusterClient 接口来提供。具体接口如下：

```
public interface ClusterClient {

   // 获取集群的拓扑结构
   ClusterInfo getClusterInfo() throws IginXException;

   // 集群扩容：增加一个底层存储节点
   void scaleOutStorage(final Storage storage) throws IginXException;

   // 集群扩容：增加多个底层存储节点
   void scaleOutStorages(final List<Storage> storages) throws IginXException;

   // 获取集群副本数
   int getReplicaNum() throws IginXException;
```

```
}
```

其中，扩容逻辑相对复杂，样例代码如下：

```
ClusterClient clusterClient = client.getClusterClient();

// 向集群中新增一个 iotdb 节点和 influxdb 节点：
// iotdb：10.10.1.122:6667
// influxdb：10.10.1.123:6668
clusterClient.scaleOutStorages(
        Arrays.asList(
                Storage.builder()
                        .ip("10.10.1.122")
                        .port(6667)
                        .type("iotdb11")
                        .build(),
                Storage.builder()
                        .ip("10.10.1.123")
                        .port(6668)
                        .type("influxdb")
                        .build()
        )
);
```

十一、扩容功能

IginX 可进行 2 个层次上的扩容操作，即 IginX 层和时序数据库层。

11.1 IginX 扩容操作

为 IginX 设置待扩容集群的 ZooKeeper 相关 IP 及端口后，启动 IginX 实例即可：

```
zookeeperConnectionString=127.0.0.1:2181
```

11.2 底层数据库扩容操作

在已有集群基础上，要增加底层数据库节点，我们需要执行以下 3 个步骤：

1. 启动客户端，给定一个 IginX 所在的 IP 及其端口（详见章节 2.5.3）。

```
./sbin/start_cli.sh -h 192.168.10.43 -p 6324
(Windows 环境中应当使用 start_cli.bat 脚本)
```

2. 进行命令行交互，输入以下命令，可以增加一个 IP 为 192.168.10.43，端口为 6667，用户名为 root，密码为 root 的 IoTDB：

```
add storageEngine 192.168.10.43#6667#iotdb11#username=root#password=root#sessionPoolSize=100#dataDir=/path/to/your/data/
```

3. 客户端回复“success”，即扩容成功。此时，可输入“quit”退出客户端。

十二、 带数据的节点扩容功能

12.1 功能简介

IginX 支持带有数据的节点的扩容功能，具体包括：

1. 用户可以使用带有数据的节点创建集群。
2. 扩容时，用户可以选择添加带有数据的节点，并标识新加入的节点为只读/读写状态。
3. 扩容完毕后，用户可以对新加入的读写状态的节点进行写入，并且保证后续的写入不会覆盖原有的数据。
4. 扩容完毕后，用户可以对新加入的读写状态的节点上的数据进行查询。
5. 扩容完毕后，后续的数据不会写入到新加入的只读状态的节点上。
6. 扩容完毕后，用户可以对新加入的只读状态的节点上的数据进行查询。
7. 用户可以使用命令行、JDBC、各种语言版本的原生接口进行数据扩容。

12.2 配置参数

在创建初始集群时，用户如果选择使用带有数据的节点，那么除了原有的各项系统参数外，每个节点可以额外指定表 12.1 中给出的三个参数，且均为可选项：

表 12.1

参数名	描述	类型	默认值
has_data	用来标识该节点是否带有数据，配置为 true 表示该节点带有数据，配置为 false 表示该节点不带有数据	Boolean	false
data_prefix	数据前缀	String	null
is_read_only	用来标识该节点是否为只读状态，配置为 true 表示该节点为只读状态，配置为 false 表示该节点为读写状态	Boolean	false

12.3 运行说明

IginX 执行带数据的节点扩容功能的逻辑与创建初始集群类似，也是通过表 1 中三个可选的参数来进行控制。具体 SQL 语句如下：

```
add storageengine (ip, port, engineType, extra)
```

ip 和 port 分别为节点的 IP 地址和端口号，engineType 是节点的数据库类型，extra 用于填写上述的三个参数。具体样例如下：

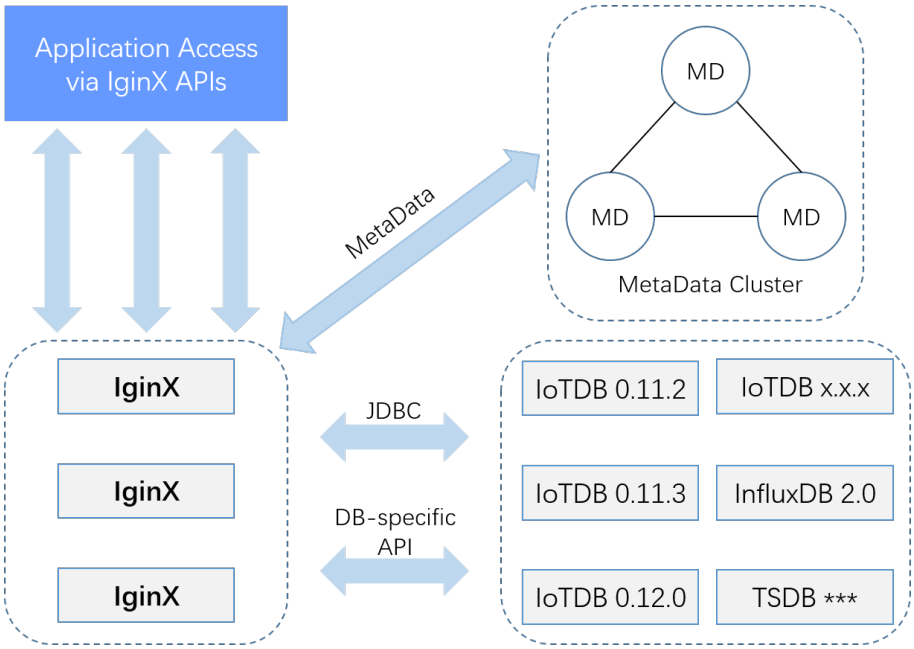
```
add storageengine (127.0.0.1, 6667, "iotdb11", "username:root, password:root, sessionPoolSize:130, read_only:true, data_prefix:demo, has_data:true")
```

含义为添加一个 IP 地址为 127.0.0.1，端口号为 6667，数据库类型为 0.11.x 版本的 iotdb，用户名为 root，密码为 root，Session 池大小为 130，状态为只读，数据前缀为 demo，且带有数据的新节点。

十三、 多数据库扩展实现

IginX 目前支持的底层数据库包括 IoTDB、InfluxDB、TimescaleDB、OpenTSDB 和 PostgreSQL 五种，用户可根据需要自行扩展其他类型的时序数据库。异构部署的 IginX 架构如图 13.1 所示。

图 13.1



13.1 需支持的功能

其他类型的时序数据库如果想要成为 IginX 的数据后端，必须支持以下功能：

- 以时间序列为单位插入数据。
- 原始数据查询，即可以指定时间范围对单条或多条时间序列进行查询。

IginX 的其他功能是可选的，如果有相关需求的话需要支持，否则无需支持：

- 删除时间序列。
- 删除数据。
- 聚合查询，包括最大值(MAX)、最小值(MIN)、求和(SUM)、计数(COUNT)、平均值(AVG)、第一个非空值(FIRST)和最后一个非空值(LAST)七种。
- 降采样查询并聚合结果，具体包括最大值(MAX)、最小值(MIN)、求和(SUM)、计数(COUNT)、平均值(AVG)、第一个非空值(FIRST)和最后一个非空值(LAST)七种聚合方式。

13.2 可扩展接口

扩展数据库需要实现以下两类接口：

- IStorageEngine：接口名称与含义的对应关系如表 13.1 所示、

表 13.1

名称	含义
syncExecuteInsertColumnRecordsPlan	同步执行列式插入数据计划
syncExecuteInsertRowRecordsPlan	同步执行行式插入数据计划
syncExecuteQueryDataPlan	同步执行原始数据查询计划
syncExecuteDeleteColumnsPlan	同步执行删除列计划
syncExecuteDeleteDataInColumnsPlan	同步执行删除数据计划
syncExecuteAvgQueryPlan	同步执行 AVG 查询计划
syncExecuteCountQueryPlan	同步执行 COUNT 查询计划
syncExecuteSumQueryPlan	同步执行 SUM 查询计划
syncExecuteFirstQueryPlan	同步执行 FIRST 查询计划
syncExecuteLastQueryPlan	同步执行 LAST 查询计划
syncExecuteMaxQueryPlan	同步执行 MAX 查询计划
syncExecuteMinQueryPlan	同步执行 MIN 查询计划
syncExecuteDownsampleCountQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_COUNT 查询计划
syncExecuteDownsampleSumQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_SUM 查询计划
syncExecuteDownsampleMaxQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_MAX 查询计划
syncExecuteDownsampleMinQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_MIN 查询计划
syncExecuteDownsampleFirstQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_FIRST 查询计划
syncExecuteDownsampleLastQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_LAST 查询计划
syncExecuteDownsampleAvgQueryPlan	同步执行 DOWNSAMPLE_AVG 查询计划

每个接口的输入参数为对应类型的计划，输出参数为相应的执行结果。其功能是将计划转换为待扩展数据库可用的数据结构，包装后将请求发送到给定的数据后端，再解析得到的结果，按照不同类型的执行结果进行封装。这样一来便可完成 IginX 与底层数据库功能的对接。

- QueryExecuteDataSet：在原始数据查询中，IginX 特别提出需要待扩展数据库实现 QueryExecuteDataSet 接口，这样做是为了形成统一的查询结果模式，方便查询结果的处理及合并。该接口类共包括 5 个接口，名称与含义的对应关系如表 13.2 所示。

表 13.2

名称	含义
getColumnNames	获取查询结果集中所有列的名称
getColumnTypes	获取查询结果集中所有列的数据类型
hasNext	查询结果集是否还存在下一行
next	获取查询结果集的下一行
close	关闭查询结果集

13.3 异构数据库部署操作

1. 启动 InfluxDB2.0

在 influxdbd 同一目录（如/tpc/influxdb2.0.4）下，创建配置文件 config.yaml，内容如下，则可使数据放在以下目录中：

- engine-path: /tpc/influxdb2.0.4/data/engine

其余配置在用户目录下的.influxdbv2 目录中，其它相关配置项见：
https://docs.influxdata.com/influxdb/v2.0/reference/config-options

启动 InfluxDB 命令：

```
./influxd
```

启动后，操作获得用于 IginX 配置的 token 和 organization，命令如下：

```
./influx setup --username root --password root1234 --org THUIginx --bucket iginx --token iginx-token-for-you-best-way-ever --force
```

2. 配置项

下面以配置 2 个数据库，1 个为 IoTDB，1 个为 InfluxDB 为例，说明主要相关配置项：

```
storageEngineList=192.168.10.44#6667#iotdb11#username=root#password=root#sessionPoolSize=100,192.168.10.45#8086#influxdb#url=http://192.168.10.45:8086/#token=your-token#organization=your-organization
```

3. 启动

按正常过程启动系统即可。

13.4 同数据库多版本实现

- 不能重名，可采用以下命名方式：如 IoTDB0.11.4 与 0.12.6 版本，可分别实现接口并命名为 IoTDB11 和 IoTDB12。
- 构建单独的模块，撰写单独的 POM，进行实现，具体可参考已有模块。

十四、 部署指导原则

以下不同的部署模式，应当搭配不同的数据分布策略。目前，默认可选的策略包括以下三种：

[1] policyClassName=cn.edu.tsinghua.iginx.policy.naive.NaivePolicy
[2] policyClassName=cn.edu.tsinghua.iginx.policy.simple.SimplePolicy
[3] policyClassName=cn.edu.tsinghua.iginx.policy.historical.HistoricalPolicy

14.1 边缘端部署原则

一般的边缘端数据管理场景，要确保数据可靠性，可以通过 2 副本 2 节点的时序数据库实例部署来实现。

如果应用连接数较高，可以启动多个 IginX；否则，可以仅启动 1 个 IginX。

14.2 云端部署原则

在云端单数据中心场景，可通过 3 副本多节点的时序数据库实例部署来实现。如果应用连接数较高，可以启动多个 IginX；否则，可以仅启动 1 个 IginX。

在云端多数据中心场景，可通过跨数据中心 3 副本多节点的时序数据库实例部署来实现。如果应用连接数较高，可以在每个数据中心启动多个 IginX；否则，可以在每个数据中心仅启动 1 个 IginX。

十五、 导入导出 CSV 工具

15.1 导出 CSV 工具

15.1.1 运行方法

- Unix / OS X 系统

```
> tools/export_csv.sh -h <host> -p <port> -u <username> -pw <password> -d <directory> -q <query statement> -s <sql file> -tf <time format> -tp <time precision>
```

- Windows 系统

```
> tools\export_csv.bat -h <host> -p <port> -u <username> -pw <password> -d <directory> -q <query statement> -s <sql file> -tf <time format> -tp <time precision>
```

参数说明：

- -h <host>
  - 可选项。表示 IP 地址。默认为 127.0.0.1。
- -p <port>
  - 可选项。表示端口号。默认为 6888。
- -u <username>
  - 可选项。表示用户名。默认为 root。
- -pw <password>
  - 可选项。表示密码。默认为 root。
- -d <directory>
  - 可选项。表示存储导出 CSV 文件的目录。默认为当前工作目录。
  - 建议手动设置该参数，且如果导出文件过多，推荐将该参数设置为一个干净的空目录。
- -q <query statement>
  - 可选项。表示需要导出的数据所对应的查询语句。
  - 支持同时指定多条查询语句，以“;”进行分割。
  - 例如: select * from *, select * from sg.d1; select * from sg.d2
- -s <sql file>
  - 可选项。指定一个 SQL 文件，里面包含一条或多条 SQL 语句。如果一个 SQL 文件中包含多条 SQL 语句，SQL 语句之间应该用换行符进行分割。每一条 SQL 语句对应一个输出的 CSV 文件。
  - 虽然-q 和-s 均为可选项，但这二者必须指定且只能指定一个，即同时指定-q 和-s 或者同时不指定-q 和-s 都是不合法的输入。
- -tf <time format>
  - 可选项。表示导出 CSV 文件的时间格式。默认为数值型的时间戳。
- -tp <time precision>
  - 可选项。表示导出 CSV 文件的时间精度。默认为毫秒，还可设置为秒、微秒和纳秒。

15.1.2 运行示例

- Unix / OS X 系统

```
> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -q "select * from *"

> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/export/ -q "select * from *"

> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/export/ -q "select * from sg.d1; select * from sg.d2"

> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -s /Users/XXX/sql.txt

> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/export/ -s /Users/XXX/sql.txt

> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/export/ -s /Users/XXX/sql.txt -tf "yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS"

> tools/export_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/export/ -s /Users/XXX/sql.txt -tf "yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS" -tp ms
```

- Windows 系统

```
> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -q "select * from *"

> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\export\ -q "select * from *"

> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\export\ -q "select * from sg.d1; select * from sg.d2"

> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -s C:\Users/XXX/sql.txt

> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\export\ -s C:\Users/XXX/sql.txt

> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\export\ -s C:\Users/XXX/sql.txt -tf "yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS"

> tools\export_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\export\ -s C:\Users/XXX/sql.txt -tf "yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS" -tp ms
```

15.1.3 注意事项

1. 如果在-q 参数中指定多条查询语句，或者在-s 指定的 SQL 文件中写入多条查询语句，那么每一条查询语句都会相应地导出一个 CSV 文件，记作 export{0..n}.csv。例如：如果指定三条查询语句，那么系统会生成 export0.csv，export1.csv 和 export2.csv 三个 CSV 文件。

2. 导出的 CSV 文件的 header 的第一个字段名称为“Time”。
3. -tf 和-tp 须保持一致，且-tp 须与想要导出数据的精度保持一致。例如：如果想要导出数据的精度为秒，那么-tf 只能设置为"yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss"等精确到秒的时间格式，且-tp 必须设置为 s。
4. 空值统一记作“null”。

15.2 导入 CSV 工具

15.2.1 运行方法

- Unix / OS X 系统

```
> tools/import_csv.sh -h <ip> -p <port> -u <username> -pw <password> -d <directory> -f <file> -tf <time format>
```

- Windows 系统

```
> tools\import_csv.bat -h <ip> -p <port> -u <username> -pw <password> -d <directory> -f <file> -tf <time format>
```

参数说明：

- -h <host>
  - 可选项。表示 IP 地址。默认为 127.0.0.1。
- -p <port>
  - 可选项。表示端口号。默认为 6888。
- -u <username>
  - 可选项。表示用户名。默认为 root。
- -pw <password>
  - 可选项。表示密码。默认为 root。
- -f
  - 可选项。表示需要导入的 CSV 文件。
  - 例如：-f import.csv
- -d
  - 可选项。表示需要导入的目录。
  - 例如：-d /Users/XXX/import/
  - 虽然-f 和-d 均为可选项，但这二者必须指定且只能指定一个，即同时指定-f 和-d 或者同时不指定-f 和-d 都是不合法的输入。
- -tf <time format>
  - 可选项。表示导入 CSV 文件的时间格式。默认为数值型的时间戳。

15.2.2 运行示例

- Unix / OS X 系统

```
> tools/import_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -f import.csv

> tools/import_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/import/

> tools/import_csv.sh -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d /Users/XXX/import/ -tf "yyyy-
```

```
MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS"
```

- Windows 系统

```
> tools\import_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -f import.csv

> tools\import_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\import\

> tools\import_csv.bat -h 127.0.0.1 -p 6667 -u root -pw root -d C:\Users\XXX\import\ -tf
"yyyy-MM-dd'T'HH:mm:ss.SSS"
```

15.2.3 注意事项

1. 对于-d 参数，系统只会导入指定目录下以“.csv”为后缀的文件。因此，如果需要导入多个 CSV 文件，推荐将所有文件放到一个干净的空目录下。
2. 导入的 CSV 文件的 header 的第一个字段必须为“Time”。
3. 系统会根据导入的每一列的第一个不为“null”的值自动推断该列的数据类型。如果某列所有值均为“null”，那么会将其推断为字符串类型。

十六、 曲线匹配功能

16.1 原理简介

IginX 的曲线匹配功能基于 DTW（Dynamic Time Warping，动态时间规整）算法实现，支持基本的 DTW 算法以及以形状距离代替欧式距离的 DTW 算法。输入为固定长度的序列 Q 以及该序列数据点之间的时间间隔，支持查询给定序列集和时间范围内所有符合条件的子序列中和 Q 最相似的数据段。

DTW 算法是时间序列相似性度量领域的最经典算法，它解决了欧式距离作为度量指标时难以处理形状相似性的问题。欧式距离的计算方法是将两条时间序列的所有点一一对应；而 DTW 距离的计算方法是找到两条时间序列之间对应的点之后再计算它们的距离。因此，DTW 的根本任务就是正确地匹配两条时间序列，而且如果两条时间序列的点正确匹配了，那么它们之间的距离达到最小。

DTW 算法的时间复杂度比简单的欧式距离算法高。为了优化算法，降低复杂度，IginX 内部实现了几种常见的 DTW 优化加速策略，包括增加匹配阈值、替换距离计算方法、通过早弃策略剪枝等。

16.2 使用说明

曲线匹配算法目前支持使用原生 Session 接口进行调用，具体介绍如下：

16.2.1 接口名称

```
Pair<String matchedPath, Long matchedTimestamp>curveMatch(List<String> paths, long startTime, long endTime, List<Double> curveQuery, long curveUnit)
```

16.2.2 参数介绍

1. 输入参数介绍
   - paths：类型为字符串列表。含义为需匹配的时间序列集合。
   - startTime：类型为长整型。含义为需匹配的时间范围的起始时间戳。
   - endTime：类型为长整型。含义为需匹配的时间范围的结束时间戳。
   - curveQuery：类型为浮点数列表。含义为待匹配的数据段。
   - curveUnit：类型为长整型。含义为待匹配的数据段的时间间隔。
2. 输出参数介绍
   - matchedPath：类型为字符串。含义为匹配到的最接近的时间序列。
   - matchedTimestamp：类型为长整型。含义为匹配到的最接近的时间范围的起始时间戳。

16.2.3 应用示例

给定需匹配数据段 1,3,5,2,4,6 以及时间间隔 5ms，即该时间段内任意两个相邻数据点的时间间隔均为 5ms。在时间区间为[1000ms,5000ms]，时间序列集合为

{s1,s2,s3,s4}的待匹配范围内，匹配与给定数据段最相似的数据段。假设返回结果为时间序列 s2，时间戳 2000ms，则与给定数据段最匹配的数据段出现在时间序列 s2 中，且起始时间戳为 2000ms，长度与给定数据段相同。

在上例中，paths 为{s1,s2,s3,s4}，startTime 为 1000ms，endTime 为 5000ms，curveQuery 为 1,3,5,2,4,6，curveUnit 为 5ms，matchedPath 为 s2，matchedTimestamp 为 2000ms。

十七、常见问题

17.1 如何知道当前有哪些 IginX 节点？

在相应的 ZooKeeper 客户端中直接执行查询。我们需要执行以下步骤：

1. 进入 ZooKeeper 客户端：首先进入 apache-zookeeper-x.x.x/bin 文件夹，之后执行命令启动客户端./zkCli.sh。
2. 执行查询命令查看包含哪些 IginX 节点：ls /iginx，返回结果为形如[node0000000000, node0000000001]的节点列表。
3. 查看某一个 IginX 节点的具体信息：如需要查询（2）中对应 node0000000000 节点具体信息，则需要执行命令：get /iginx/node0000000000 得到 node0000000000 节点具体信息，返回结果为形如{"id":0,"ip":"0.0.0.0","port":6324}的字典形式，参数分别代表节点在 ZooKeeper 中对应的 ID，IginX 节点自身的 IP 和端口号。

17.2 如何知道当前有哪些时序数据库节点？

在相应的 ZooKeeper 客户端中直接执行查询。我们需要执行以下步骤：

1. 进入 ZooKeeper 客户端：首先进入 apache-zookeeper-x.x.x/bin 文件夹，之后执行命令启动客户端./zkCli.sh。
2. 执行查询命令查看包含哪些时序数据库节点：ls /storage，返回结果为形如[node0000000000]的节点列表。
3. 查看某一个时序数据库节点的具体信息：如需要查询（2）中对应 node0000000000 节点具体信息，则需要执行命令：get /storage/node0000000000 得到 node0000000000 节点的信息，返回结果为形如{"id":0,"ip":"127.0.0.1","port":6667,"extraParams":{"password":"root","sessionPoolSize":"100","username":"root"},"storageEngine":"IoTDB"}的字典形式，参数按照顺序分别代表节点在 ZooKeeper 中对应的 ID，时序数据库节点自身的 IP 和端口号，以及额外的启动参数，与该数据库节点的数据库类型。

17.3 如何知道数据分片当前有几个副本？

在相应的 ZooKeeper 客户端中执行查询。

需要了解的是，分片在 IginX 存储的格式如图 17.1 所示：

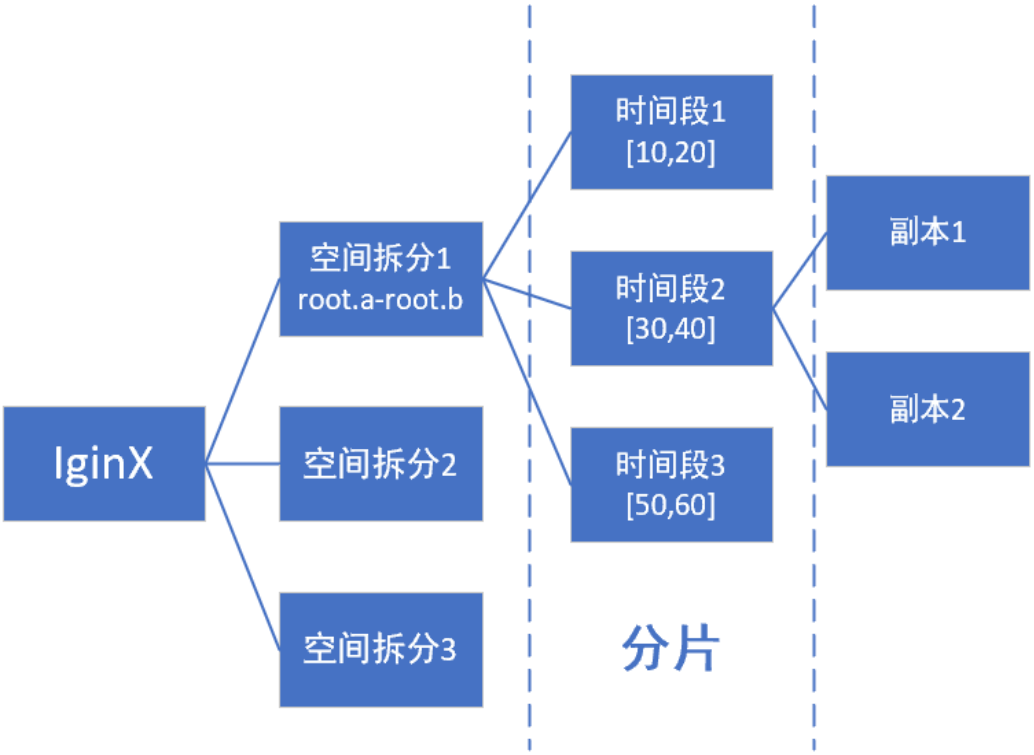


图 17.1

需要先通过对应的空间拆分和时间拆分确定需求的分片，然后即可查询该分片的具体信息。

我们需要执行以下步骤：

1. 进入 ZooKeeper 客户端：首先进入 apache-zookeeper-x.x.x/bin 文件夹，之后执行命令启动客户端./zkCli.sh。
2. 执行查询命令查看 IginX 目前包含哪些空间拆分：ls /fragment，得到的结果为形如[null-root.sg1.d1.s1, root.sg1.d3.s1-null, root.sg1.d1.s1-null, null-root.sg1.d3.s1]的空间拆分列表。
3. 查看该空间拆分下的分片情况：如需要查询（2）中对应 null-root.sg1.d1.s1 这一空间拆分具体信息，则需要执行命令：ls /fragment/null-root.sg1.d1.s1，返回结果为形如[0, 100, 1000]的列表形式，其中每一个参数表示有一个分片以该时间作为起始时间。如[0, 100, 1000]的列表表示该空间拆分下包含 3 个分片，其分片的最小时间戳分别为 0，100 和 1000。
4. 查询某一个分片的具体信息。在前三步中我们确定了该分片在结构中的对应位置，如需要查询 null-root.sg1.d1.s1 空间拆分下，起始时间为 0 的分片的具体信息，则需要执行命令：get /fragment/null-root.sg1.d1.s1/0，返回结果为形如{"timeInterval":{"startTime":0,"endTime":99},"tsInterval":{"endTimeSeries":"root.sg1.d1.s1"},"replicaMetas":{"0":{"timeInterval":{"startTime":0,"endTime":9223372036854775807},"tsInterval":{"endTimeSeries":"root.sg1.d1.s1"},"replicaIndex":0,"storageEngineId":0}},"createdBy":0,"updatedBy":0}的字典形式。其中，replicaMetas 参数表示存储该分片上所有副本元信息的字典，其元素个数即为该分片的副本个数。其他参数含义如下：

(1) timeInterval：表示这一分片的起始和终止时间。
(2) tsInterval：表示这一分片的起始和终止时间序列（可为空）。
(3) replicaMetas 中每一个元素的键表示副本的序号，值包含该副本数据起始终止时间、起始终止时间序列、对应时序数据库节点等信息
(4) createdBy：表示创建该分片的 IginX 编号。
(5) updatedBy：表示最近更新该分片的 IginX 编号。

17.4 如何加入 IginX 的开发，成为 IginX 代码贡献者？

在 IginX 的开源项目地址上 https://github.com/thulab/IginX 提 Issue、提 PR，IginX 项目核心成员将对代码进行审核后，合并进代码主分支中。

IginX 当前版本在写入和查询功能方面，支持还不丰富，只有写入、范围查询和整体聚合查询。因此，非常欢迎喜欢 IginX 的开发者为 IginX 完成相关功能的开发。

17.5 IginX 集群版与 IoTDB-Raft 版相比，各自特色在何处？

当前的 IginX 集群版与 IoTDB-Raft 版特性对比如表 17.1 所示：

表 17.1

特性\系统	IoTDB-Raft 版	IginX 集群版
平滑可扩展性	无	有
异构数据库支持	无	有
存算分层扩展性	无	有
分布式一致性维护代价	有	无
灵活分片	无	有
灵活副本策略	无	有
对等强一致性	有	无
部署组件	同构	异构