# Streaming(DataStream API)

原文参考:

<https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/datastream_api.html#collection-data-sources>

## Overview

* + 1. Flink DataStream Api 编程指南

在Flink中的DataStream 程序在数据流(data streams)上实现了各种转换(transformation)操作(如,filter,updating,state,window,aggregating 等)。Data Streams 可以从各种数据源(message queue,socket,fiels 等)中被创建。产生的结果可以输出到各种sink(目的地)，比如将它写入到数据文件或一些标准的输出当中。Flink 程序可以在各种环境中运行，如 standlone ,嵌入到其他程序中。Flink能在本地的JVM中执行，也可以在集群中运行（yarn）.

flink Api的基本概念请参照 [basic concepts](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/api_concepts.html)

为了创建你自己的Flink DataStream 程序，我们鼓励你一开始使用 [anatomy of a Flink Program](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/api_concepts.html#anatomy-of-a-flink-program) 并逐步的添加 [stream transformations](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/operators/index.html). 下面的章节将为添加一些operations(翻者注:Flink 中的任何的transformations)和高级特性做一些引用说明

|  |
| --- |
| Example 程序案例 |
| Data Source 数据源 |
| DataStream transformation |
| Data sink 数据输出 |
| Iterations |
| Execution Parametes 执行参数 |
| Fault Tolerance(故障容错) |
| Controlling Latency (延迟控制) |
| Debugging |
| Local Execution Envionment |
| Collection Data Sources |
| Iterator Data Sink |
| Where to go next (下一站)? |

* + 1. Example Program

下面的代码是一段完整的基于窗口的 word count 应用的例子，单词的数量来源于一个5秒窗口的socket . 你可以复制到本地并运行它。

|  |
| --- |
| Java 代码片段 |
| **public class** WindowWordCount {  **public static void** main(String[] args) **throws** Exception {   StreamExecutionEnvironment env = StreamExecutionEnvironment.*getExecutionEnvironment*();   DataStream<Tuple2<String, Integer>> dataStream = env  .socketTextStream(**"localhost"**, 9999)  .flatMap(**new** Splitter())  .keyBy(0)  .timeWindow(Time.*seconds*(5))  .sum(1);   dataStream.print();   env.execute(**"Window WordCount"**);  }   **public static class** Splitter **implements** FlatMapFunction<String, Tuple2<String, Integer>> {  @Override  **public void** flatMap(String sentence, Collector<Tuple2<String, Integer>> out) **throws** Exception {  **for** (String word: sentence.split(**" "**)) {  out.collect(**new** Tuple2<String, Integer>(word, 1));  }  }  } } |

|  |
| --- |
| Scala 代码片段 |
| import org.apache.flink.streaming.api.scala.\_ import org.apache.flink.streaming.api.windowing.time.Time /\*\*  \* Created by yuanhailong on 2018/9/19.  \*/ object WindowWordCount {  def main(args: Array[String]) {   val env = StreamExecutionEnvironment.getExecutionEnvironment  val text = env.socketTextStream("localhost", 9999)   val counts = text.flatMap { \_.toLowerCase.split("\\W+") filter { \_.nonEmpty } }  .map { (\_, 1) }  .keyBy(0)  .timeWindow(Time.seconds(5))  .sum(1)   counts.print()   env.execute("Window Stream WordCount")  } } |

为了运行这个例子，首先你需要启动在命令行终端用netcat 启动一个输入流：

|  |
| --- |
| nc –lk 9999 |

只要输入一些词就会返回一些新的单词。这些词将会成为word count 程序的输入。如果你想看到的结果大于1 。你只要重复的输入5秒钟之内相同的词即可。（如果你的输入不够快，你可以增加窗口大小）

* + 1. Data Sources [数据源]

数据源表示你的程序从哪里读取数据。通过StreamExecutionEnvironment.addSource(sourceFunction). 你能添加数据源到你的程序中。Flink 实现了几种数据源函数(function) ,但你可以通过实现SourceFunction 自定义数据源[翻者注：SourceFunction并行度1]。如果你想要实现多个并行度的数据源函数你可以通过实现ParallelSourceFunction 接口或者扩展RichParallelSourceFunction 。

有一些预先定义的数据源来源于StreamExecutionEnvironment。

file-based[基于文件的]:

* readTextFile(path)：读取文本文件，file 遵循TextInputFormat 规范，文本文件中的数据每一行作为一个字符串返回。
* readFile(fileinputFormat,path): 通过指定文件的输入格式来读取数据文件
* readFile(fileInputFormat, path, watchType, interval, pathFilter) ：这个方法的调用实际是通过上面两个方法中的一个来实现的。它使用给定的fileInputFormat读取指定路径下面的文件。根据提供的watchType. 数据源周期性（根据interval ms）的监控Path路径下的新数据(FileProcessingMode.PROCESS\_CONTINUOUSLY)。或者仅处理一次当前路径下面的数据然后退出（FileProcessingMode.PROCESS\_ONCE）。使用pathFilter排除不需要处理的数据。

IMPLEMENTATION（实现）：

在内部，Flink 将读数据程序划分为两个子任务(sub-task) ,也就是目录监控和数据读取。每个子任务通过独立的条目实现。监控是通过并行度为1的任务实现的。然而数据读取时通过多个任务并行实现的。并行度等于Job任务的并行度。目录监控任务去监控目录（根据watchType 周期性的监控或仅读取一次），找到文件，切割文件，并切割文件到下游readers . readers将读取实际的数据。每个切割的文件仅被一个readers 读取。然而一个readers 可以读取多个文件。

IMPORTANT NOTES（特别注意）:

1. 如果watchType 被设置为 FileProcessingMode.PROCESS\_CONTINUOUSLY。当files被修改的时候，它的整个内容将会被重新处理。这就会破坏“exactly-once”的语义，当追加数据到文件的末尾将导致所有的数据都会被重新处理。
2. 如果watchType 被设置为FileProcessingMode.PROCESS\_ONCE. 数据源只会被扫描一次然后退出，无需等待readers完成文件内容的读取[这里指的是监控服务]。当然readers 会持续读取文件内容直到文件内容读取完成.关闭source 将会导致此后的信息不会再有检查点。这将导致在节点失败后恢复变慢，因为Job需要从上一个检查点恢复

Socked-Based:

* socketTextStream: 从Socket中读取数据。通过指定分隔符切割数据

Collection-Based:

* fromCollection(Seq): 从java 的  Java.util.Collection 中创建data stream,集合中所有的元素必须具备相同的数据类型
* fromCollection(Iterator)：从Iterator中创建data stream. 该类指定迭代器返回的元素的数据类型。
* fromElements(elements: \_\*) : 从一系列的对象中创建data stream. 所有的对象必须具备相同的类型
* fromParallelCollection(SplittableIterator):从Iterator中创建data stream. 该类指定迭代器返回的元素的数据类型。
* generateSequence(from, to) ：在给定的范围类生成一系列的数字
  + 1. DataStream transformations

参见 [operators](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/operators/index.html)

* + 1. Data Sinks

Data sinks 消费 DataStream中的数据并将数据输出到files,socket，其他额外系统或print。 Flink 有多种输出格式它封装了DataStream上的背后的多种operators

* writeAsText() / TextOutputFormat: 写元素一行作为一个String . 这个Strings 通过调用每个元素的toString() 方法来获取。
* writeAsCsv(...) / CsvOutputFormat: 用逗号分隔value写元组(tuple). Row 和field分隔符可配置。Value通过调用toString（） 方法来获取。
* print() / printToErr()：打印每个元素toString()的value到标准输出。
* writeUsingOutputFormat() / FileOutputFormat：方法和自定义文件输出的基础类。支持自定义的对象到字节的转换
* writeToSocket：根据SerializationSchema 写元素到Socket
* addSink : 调用自定义的sink 函数。Flink 自带了多重sink 函数（如Apache kafka）

注意，在DataStrem上的WriteAs\*()方法主要是为了调试的目的。他们不会参加flink的chekpoint操作。这就意味着它使用的是“at-least-once”语义。数据如何刷写到目标系统依赖于实现的OutputFormat. 这就意味着不是发送到目标系统的数据会立即展现出来。当然，在失败的场景中，这些数据可能会丢失。

为了可靠性，stream exactly-once 传递到文件系统，可以使用flink-connector-filesystem。

* + 1. Iterations

Iterative streaming(迭代流)程序实现一个step 函数，并将其嵌入到IterativeStream中。由于一个DataStream程序可能永远都不会结束，因此没有最大的迭代次数。相反，你需要指定那些stream需要返回到iteration并且通过split或filter transformation 指定那些需要输出到下游。在这里，我们有一个iteration例子。代码的主体部分是一个简单的map 转换 ，并通过返回的元素区分不同的元素返回给下游。

|  |
| --- |
| **val** iteratedStream **=** someDataStream**.**iterate**(**  iteration => {  val iterationBody = iteration.map(/\* this is executed many times \*/)  (iterationBody.filter(/\* one part of the stream \*/), iterationBody.filter(/\* some other part of the stream \*/))  }) |

例如： 这里有一个程序冲一个整数中持续减1，直到它等于0

|  |
| --- |
| val someIntegers: DataStream[Long] = env.generateSequence(0, 1000)  val iteratedStream = someIntegers.iterate(  iteration => {  val minusOne = iteration.map( v => v - 1)  val stillGreaterThanZero = minusOne.filter (\_ > 0)  val lessThanZero = minusOne.filter(\_ <= 0)  (stillGreaterThanZero, lessThanZero)  }  ) |

* + 1. Execution Parameters

StreamExecutionEnvironment  包含ExecutionConfig  ，ExecutionConfig 允许为Flink运行时设置一些配置参数。

更多的参数参见[execution configuration](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/execution_configuration.html) 。这些参数属于DataStream API:

* setAutoWatermarkInterval(long millseconds):设置watermark发射的频率。通过getAutoWatermarkInterval可以得到当前的watermark的value.
  + - 1. Fault Tolerance(故障容错)

[State & Checkpointing](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/state/checkpointing.html) 描述了如何启用Flink的checkpoint 机制。

* + - 1. Controlling Latency

默认情况下，数据元素在网络上不是一对一的传输(如果这样将会导致不必要的网络延迟)而是先缓存起来。缓存（在两台机器上实际传输的对象）的大小在flink的配置文件中能被配置。为了更好的吞吐量这往往是一个好方法，但是当数据不足够快的时候会导致一定的数据延迟。为了控制吞吐量和延迟。在execution 环境上你可以通过env.setBufferTimeout(timeoutMillis)设置缓存等待被填满的最大等待时间。这样即使缓存区没有被填满也会被自动发送。这个timeout的默认值时100 ms

Usage:

|  |
| --- |
| val env: LocalStreamEnvironment = StreamExecutionEnvironment.createLocalEnvironment  env.setBufferTimeout(timeoutMillis)  env.generateSequence(1,10).map(myMap).setBufferTimeout(timeoutMillis) |

为了最大的吞吐量。set setBufferTimeout(-1)，这样会移除timeout并且只有当缓存区填满的时候才能被发送。为了最小的延迟，设置timeout = 0 来关闭缓存。Timeout=0 应该要去避免，因为这会引起服务性能下降。

* + 1. Debugging

在分布式集群中运行分布式程序之前，一个很好的办法是确定实现的算法按照期待的方式运行。因此，实现数据分析的程序通常是一个结果检查，调试，改善提高的过程。

Flink 在IDE内通过本地调试的方式提供了数据分析程序开发处理的特性，注入测试，收集数据。本小节将给一些提示如何开发Flink程序。

* + - 1. Local Execution Enviroment

LocalStreamEnvironment 在同一的JVM内启动内创建Flink System.如果你是在IDE里面启动LocalEnvironment 。你可以在你的代码中打断点这样就很容易去调试了。

|  |
| --- |
| val env = StreamExecutionEnvironment.createLocalEnvironment()  val lines = env.addSource(/\* some source \*/)  // build your program  env.execute() |

* + - 1. Collection Data Sources

Flink 为方便调试通过java collections 提供了一些特殊的数据源,一旦程序通过测试，source 和 sink 很容易被替换。

|  |
| --- |
| val env = StreamExecutionEnvironment.createLocalEnvironment()  // Create a DataStream from a list of elements  val myInts = env.fromElements(1, 2, 3, 4, 5)  // Create a DataStream from any Collection  val data: Seq[(String, Int)] = ...  val myTuples = env.fromCollection(data)  // Create a DataStream from an Iterator  val longIt: Iterator[Long] = ...  val myLongs = env.fromCollection(longIt) |

* + - 1. Iterator Data Sink

Flink 为调试和测试的目的提供了收集DataStream 结果的sink .可以像下面这样使用：

|  |
| --- |
| import org.apache.flink.streaming.experimental.DataStreamUtils  import scala.collection.JavaConverters.asScalaIteratorConverter  val myResult: DataStream[(String, Int)] = ...  val myOutput: Iterator[(String, Int)] = DataStreamUtils.collect(myResult.javaStream).asScala |

注：在flink 1.5.0 中 flink-streaming-contrib 被移除了。使用flink-streaming-java 和flink-streaming-scala 来替代

* + 1. Where to go next（下一步）?
* [Operators](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/operators/index.html): stream operators 规范说明
* [Event Time](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/event_time.html)：介绍flink的时间概念
* [State & Fault Tolerance](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/state/index.html):解释如何开发有状态的应用
* [Connectors](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/connectors/index.html)：描述有效的输入输出Connectors

## Event Time

|  |
| --- |
| **Event Time / Process Time / Ingestion time** |
| Setting a Time Characteristic |
| **Event Time and Watermarks [事件时间和水位]** |
| Watermarks in parallel Streams [并行流中的水位] |
| Late Elements [延迟元素] |
| Debugging Watermarks |

* + 1. Event Time / Process time / Ingestion Time

Flink 在流式程序中支持不同类型的时间概念:

* Process time:Porcess time 是执行各自operation时候机器系统时间

当streaming 程序采用processing time运行时，所有基于时间的操作（如 windows） 都将使用机器系统时钟来运行各自的operator. 每小时处理时间窗口将包含在系统时钟指向下一个整点时间之间的所有记录.例如，如果一个应用在早上9：15开始，那么第一个小时处理的时间窗口将包含上午9：15到10:00的数据。下一个窗口是10：到11:00

Processing time 是最简单的时间概念，它不需要在streams和机器之间协调。它提供了最高吞吐量以及最低的延迟。然而，在分布式和异步的环境中他不能保证正确性，因为它容易受到记录到达系统的影响，以及系统内部和外部的影响。

* Event time：Event time 的时间是在每台生产设备上发生的时间【既日志记录产生时间】。这个时间在到达Flink之前被嵌入到了日志里面，并且每条日志都能够抽取event timestamp. 在 event time 中，数据处理的时间依赖于数据本身。Event time的程序必须指定如何获取 Event Time Watermarks ,这是event time 内部信号处理的一种机制。Watermark 机制将在后面的章节描述[below](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/event_time.html" \l "event-time-and-watermarks).

在一个非常完美的世界中，event time 程序产生一个始终一致和确定性的结果，而不用去理会event何时到达以及它的顺序。然而，除非event time确定数据是按次序到达的，否则，在等待event时，会导致事件处理的延迟。由于不可能无限的等待下去，这就限制了应用程序的event time

假设所有的event都到达了，event time 操作处理会如预期一样，并即使在event乱序和有有延迟的情况下都能产生正确和一致的结果。例如，一个小时的时间窗口将包含该时间内所有数据而不用管他们以什么顺序到达和何时到达(更多信息查看 [late events](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/event_time.html#late-elements))

注意：有时当event time 处理实时数据时，为了保证能够及时正确的处理他们会使用processing time 来进行操作。

* Ingestion time：Ingestion time 是event 进入flink的时间，每行记录在source operator 获得source的当前时间作为timestamp

Ingestion time 位于Event time 和 processing Time 之间 。对比processing time Ingestion time更加昂贵，但是他给定一个可预测的结果，因为Ingestion time给定了一个更加稳定的时间（在source一次性分配），不同的window操作会有相同的时间戳，然而在processing time中每个不同的window 操作都可能在相同的记录上分配不同的时间。

对比Event Time ，Ingestion time 不能处理乱序或延迟的event，但是程序不需要指定watermark.

实际上，Ingestion time 趋向于event time，只不过自动的分配了timestamp和watermark.



* + - 1. Setting a Time Characteristic

Flink DataStream 程序的开始通常都是设置一个时间特性。

下面是Flink程序在一个小时的窗口内做聚合的例子。

|  |
| --- |
| val env = StreamExecutionEnvironment.getExecutionEnvironment  env.setStreamTimeCharacteristic(TimeCharacteristic.ProcessingTime)  // alternatively:  // env.setStreamTimeCharacteristic(TimeCharacteristic.IngestionTime)  // env.setStreamTimeCharacteristic(TimeCharacteristic.EventTime)  val stream: DataStream[MyEvent] = env.addSource(new FlinkKafkaConsumer09[MyEvent](topic, schema, props))  stream  .keyBy( \_.getUser )  .timeWindow(Time.hours(1))  .reduce( (a, b) => a.add(b) )  .addSink(...) |

注：为了在这个案例中运行event time例子，程序需要为数据指定event time 和 watermark。或者程序在Source后注入一个 Time Assigner 和 Watermark。

下面的小节将描述时间戳和watermark背后的机制，。至于在Flink DataStream API中如何使用assignment 和watermark，请查阅 [Generating Timestamps / Watermarks](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/event_timestamps_watermarks.html).

* + 1. Event Time and Watermarks

注:Flink 从DataStream 模型实现了多种技术。 event time 和watermarks 更好的介绍，请参阅：

* [Streaming 101](https://www.oreilly.com/ideas/the-world-beyond-batch-streaming-101)
* The [Dataflow Model paper](https://research.google.com/pubs/archive/43864.pdf)

流处理器为支持event time 需要有一个方法去测量event time的进度。例如，当event时间超过一小时后，构建每小时窗口的窗口operator需要得到通知,因此Opertor 能关闭window的处理。

Event time的处理独立于processing time . 例如，一个operator的event time 时间可能稍微落后于processing time(考虑event的延迟)，而两者以相同的速度运行。另一方面，另外一个streaming 程序通过快速的消费缓存在kafka topic(或其他消息队列)的数据可能在几秒钟之内就能处理数周的event time 的数据。

在flink机制中监测event time的进度是通过watermark来实现。Watermark flow携带timestamp作为data stream 的一部分。Watermark 定义了在stream中到达的时间t ,这意味着从带有timestamp的stream中不应有更多的元素

下面的图片这展示了一个带时间戳的event stream和水位线。在这个例子中时间是有序的（通过各自的timestamp）,这意味着在stream中watamark较容易周期性标记



Watermark 更重要的是为无序的streams,正如下面阐述的一样，event不是有序的（通过timestamp） ,在一个通常的watermark定义了stream中的一个点，所有的event 在某个确定的timestamp都应该到达。一旦watermark到达operator，operator可以将其内部event time 时钟 提前到 watermark值。



* + - 1. Watermarks in parallel Streams

Watermarks是在source function 生成或在其后指定的，source function的每个并行子任务通常都生成各自的watermark. watermark在特定的并行source上定义event time .

当watermarks通过stream程序流动时，它将为其后续operator在下游生成一个新的watermarks。

有些operators消费多个input stream, 比如 union ,keyBy ,partition 等函数。这些operators的当前event time 是他们input stream 最小的event time .就像input streams 更新它的event time 一样。

下面的图显示了event 和 watermark 通过并行stream 流动的示意图 。operator 跟踪event time.



注：kafka 支持每个分区的watermark，更多参见[here](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/event_timestamps_watermarks.html" \l "timestamps-per-kafka-partition).

* + - 1. Late Elements

有可能某些元素将违反水位的条件，这意味着watermark发生后，还会有部分stream 元素。实际上，在真实的世界中，某些元素就是延迟到达的，我们无法指定某个事件时间戳的发生时间。此外，即使延迟的元素是有界的，延迟太多通常是不被建议的，因为在window操作中会引起更多的延迟。

基于这个原因，streaming 能够显示的指定一些延迟的元素，late element的element是指在系统事件时间时钟(由watermark发出信号)已经超过late element时间戳后到达的element,更多资料参见[Allowed Lateness](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/operators/windows.html" \l "allowed-lateness)

* + - 1. Debugging Watermarks

参见[Debugging Windows & Event Time](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/monitoring/debugging_event_time.html)

## State & Fault Tolerance（状态&容错）

* + 1. Overview(概览)

有状态的function和operator通过处理独立的element/event 存储数据，这使得状态成为了构建任何复杂operator的关键组件。

例如：

* 当application搜索某个event模型时，状态将存储到目前为止一系列的事件
* 当每分钟/小时/天发生一个聚合事件时, 状态将保留这些被悬置(还没有到达聚合时间)聚合数据
* 当在一个数据流上训练一个机器学习模型时，状态将保存当前版本的模型参数。
* 当历史数据需要被管理时，状态允许有效的接受过去发生过的event

Flink系统需要知道状态，以便能够使用[checkpoints](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/state/checkpointing.html) 标记状态容错以及使用streaming application 的[savepoints](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/ops/state/savepoints.html)

关于Flink的状态它允许你在应用中进行调整，这意味着你在重新划分并行度的时Flink会管理好状态

Flink [queryable state](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/stream/state/queryable_state.html)  特征允许你在运行期间接收外部状态。

使用状态进行工作，对 [Flink’s state backends](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/ops/state/state_backends.html)[状态恢复]非常有用，Flink 通过指定状态如何存储以及存储在哪里提供了多种状态恢复机制。State可以存储在本地JVM的堆内和堆外内存。Flink管理应用的state, 这意味着flink为了允许能够管理非常大的状态需要自己处理内存管理（状态也可能被溢写到磁盘）。在无需改变任何应用代码的情况下可以配置State backends。

* + 1. Working with state(状态处理)

这篇文档将解析在开发flink应用的时如何使用flink的状态。

|  |
| --- |
| **Keyed State And Operator State** |
| Keyed State |
| Operator State |
| **Raw and Manager State** |
| **Using Managed Keyed State** |
| State Time-to-Live (TTL) |
| State in the Scala DataStream Api |
| **Using Managed Operator State** |
| Stateful Source Functions |

* + - 1. Keyed State And Operator State

在Flink的状态中有两个基本的状态概念 Keyed State 和 Operator State

* + - * 1. Keyed State

Keyed State 状态总是和key相关的并且他只能使用在KeyedStream的function和Operator上。

你可以将Keyed State 看做是一个已经分区分片并的Operator State，它的每个key只有一个状态分区。每个Keyed State 逻辑绑定到唯一的一组< parallel-operator-instance, key >, 由于每个key “属于” 一个keyed operator的并行实例，我们可以简单的认为<operator,key>

Keyed State 进一步组织为所谓的Key Groups，Key Group是 通过Flink 重新分配Keyed State 的原子单元。Key group 数量和定义的最大并行度相同。在执行过程中，每keyed operator 的并行实例都使用一个或多个Key groups

* + - * 1. Operator State

Operator 状态(非 keyed state)，每个operator 状态绑定到一个并行操作实例。在Flink的状态使用中 [Kafka Connector](https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.6/dev/connectors/kafka.html)是一个很好的例子。Kafka的消费者实例的每个分区维护了topic分区和偏移量的映射作为它的Operator State

当并行性发生变化时，operator status 接口支持在并行操作符实例之间重新分配状态。他们之间可以有不同的scema

* + - 1. Raw和 Managed 状态

Keyed State 和 Operator State 存在两种形式 Managed 和 Raw。

Managed State 是 Flink 运行时控制的数据结构。例如哈希表或RocksDB. 例如”ValueState”,”ListState” 等。Flink 运行时编码states并写入到checkpoints

* + - 1. Using Managed Keyed Status
    1. The BroadCast State Pattern(广播状态模型)
    2. Checkpointing(检查点)
    3. Queryable State(可查询状态)
    4. State Backends(状态恢复)
    5. Custom Serialization

## State & Fault Tolerance

## State & Fault Tolerance

# Batch (DataSet API)