lmalds的专栏

倚南窗以寄傲，审容膝之易安。

个人资料

lmalds李麦迪

访问： 26783次
积分： 705
等级： BLOG 3
排名： 千里之外

原创： 40篇

Flink流计算编程--watermark（水位线）简介

标签： Flink event-time watermark

2016-09-30 12:20 699人阅读 评论(4

分类： Flink（31）

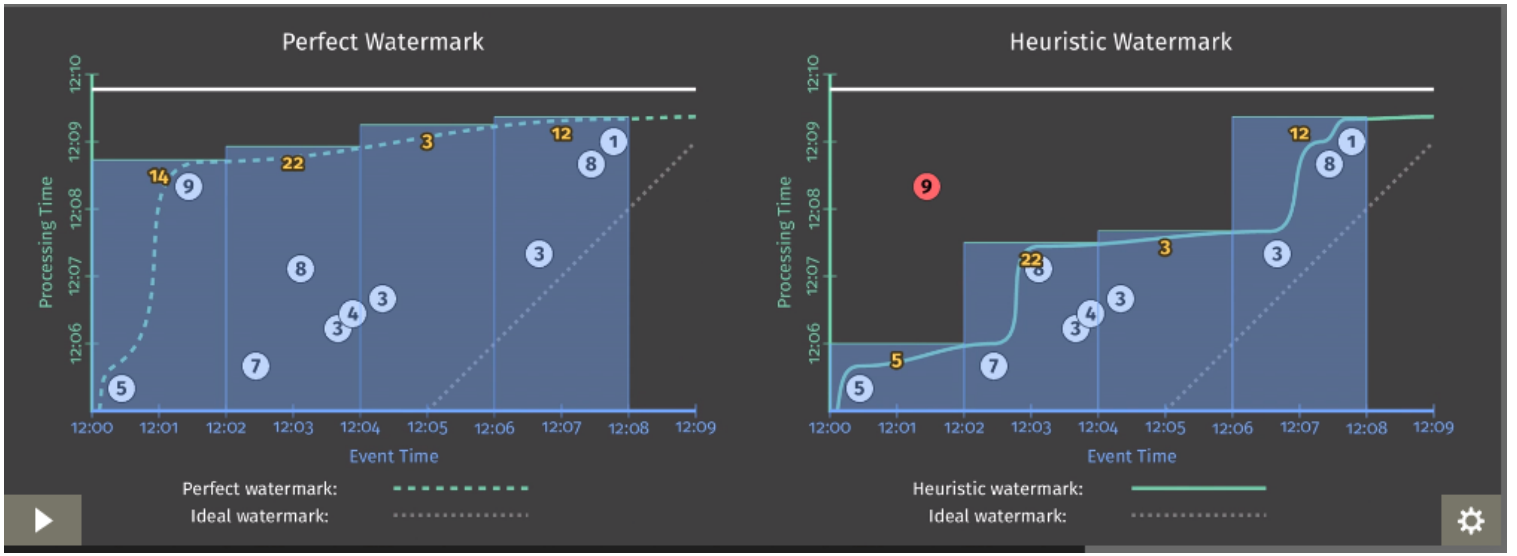
目录(?) [+]

1、watermark的概念

watermark是一种衡量Event Time进展的机制，它是数据本身的一个隐藏属性。通常基于Event Time的数据，自身都包含一个timestamp，例如1472693399700（2016-09-01 09:29:59.700），而这条数据的watermark时间则可能是：

```
1 watermark(1472693399700) = 1472693396700(2016-09-01 09:29:56.700)
```

这条数据的watermark时间是什么含义呢？即：timestamp小于1472693396700(2016-09-01 09:29:56.700)的数据，都已经到达了。



图中蓝色虚线和实线代表着watermark的时间。

2、watermark有什么用？

watermark是用于处理乱序事件的，而正确的处理乱序事件，通常用watermark机制结合window来实现。

我们知道，流处理从事件产生，到流经source，再到operator，中间是有一个过程和时间的。虽然大部分情况下，流到operator的数据都是按照事件产生的时间顺序来的，但是也不排除由于网络、背压等原因，导致乱序的产生（out-of-order或者说late element）。

但是对于late element，我们又不能无限期的等下去，必须要有个机制来保证一个特定的时间后，必须触发window去进行计算了。这个特别的机制，就是watermark。

3、watermark如何分配？

通常，在接收到source的数据后，应该立刻生成watermark；但是，也可以在source后，应用简单的map或者filter操作，然后再生成watermark。

生成watermark的方式主要有2大类：

```
(1):With Periodic Watermarks
(2):With Punctuated Watermarks
```

第一种可以定义一个最大允许乱序的时间，这种情况应用较多。

我们主要来围绕Periodic Watermarks来说明，下面是生成periodic watermark的方法：

```
/**
 * This generator generates watermarks assuming that elements come out of order to
 * The latest elements for a certain timestamp t will arrive at most n millisecond
 * elements for timestamp t.
 */
class BoundedOutOfOrdernessGenerator extends AssignerWithPeriodicWatermarks[MyEven

    val maxOutOfOrderness = 3500L; // 3.5 seconds

    var currentMaxTimestamp: Long;

    override def extractTimestamp(element: MyEvent, previousElementTimestamp: Long
        val timestamp = element.getCreationTime()
        currentMaxTimestamp = max(timestamp, currentMaxTimestamp)
        timestamp;
    }

    override def getCurrentWatermark(): Watermark = {
        // return the watermark as current highest timestamp minus the out-of-orde
        new Watermark(currentMaxTimestamp - maxOutOfOrderness);
    }
}
```

程序中有一个extractTimestamp方法，就是根据数据本身的Event time来获取；还有一个getCurrentWatermar方法，是用currentMaxTimestamp - maxOutOfOrderness来获取的。

这里的概念有点抽象，下面我们结合数据，在window中来实际演示下每个element的timestamp和watermark是多少，以及何时触发window。

4、生成并跟踪watermark代码

4.1、程序说明

我们从socket接收数据，然后经过map后立刻抽取timetamp并生成watermark，之后应用window来看看watermark和event time如何变化，才导致window被触发的。

4.2、代码如下

```
import java.text.SimpleDateFormat

import org.apache.flink.streaming.api.scala._
import org.apache.flink.streaming.api.TimeCharacteristic
import org.apache.flink.streaming.api.functions.AssignerWithPeriodicWatermarks
import org.apache.flink.streaming.api.scala.StreamExecutionEnvironment
import org.apache.flink.streaming.api.scala.function.WindowFunction
import org.apache.flink.streaming.api.watermark.Watermark
import org.apache.flink.streaming.api.windowing.assigners.TumblingEventTimeWindows
import org.apache.flink.streaming.api.windowing.time.Time
import org.apache.flink.streaming.api.windowing.windows.TimeWindow
import org.apache.flink.util.Collector


object WatermarkTest {

  def main(args: Array[String]): Unit = {
    if (args.length != 2) {
      System.err.println("USAGE:\nSocketWatermarkTest <hostname> <port>")
      return
```


```
21  }
22
23  val hostName = args(0)
24  val port = args(1).toInt
25
26  val env = StreamExecutionEnvironment.getExecutionEnvironment
27  env.setStreamTimeCharacteristic(TimeCharacteristic.EventTime)
28
29  val input = env.socketTextStream(hostName,port)
30
31  val inputMap = input.map(f=> {
32    val arr = f.split("\\W+")
33    val code = arr(0)
34    val time = arr(1).toLong
35    (code,time)
36  })
37
38  val watermark = inputMap.assignTimestampsAndWatermarks(new AssignerWithPeriodi
39
40    var currentMaxTimestamp = 0L
41    val maxOutOfOrderness = 10000L//最大允许的乱序时间是10s
42
43    var a : Watermark = null
44
45    val format = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss.SSS")
46
47    override def getCurrentWatermark: Watermark = {
48      a = new Watermark(currentMaxTimestamp - maxOutOfOrderness)
49      a
50    }
51
52    override def extractTimestamp(t: (String,Long), l: Long): Long = {
53      val timestamp = t._2
54      currentMaxTimestamp = Math.max(timestamp, currentMaxTimestamp)
55      println("timestamp:" + t._1 +","+ t._2 + "|" +format.format(t._2) +","+  c
```


```
56          timestamp
57        }
58      })
59
60      val window = watermark
61      .keyBy(_._1)
62      .window(TumblingEventTimeWindows.of(Time.seconds(3)))
63      .apply(new WindowFunctionTest)
64
65      window.print()
66
67      env.execute()
68    }
69
70    class WindowFunctionTest extends WindowFunction[(String,Long),(String, Int,Strin
71
72      override def apply(key: String, window: TimeWindow, input: Iterable[(String, L
73        val list = input.toList.sortBy(_._2)
74        val format = new SimpleDateFormat("yyyy-MM-dd HH:mm:ss.SSS")
75        out.collect(key,input.size,format.format(list.head._2),format.format(list.la
76      }
77
78    }
79
80
81  }
```

4.3、程序详解

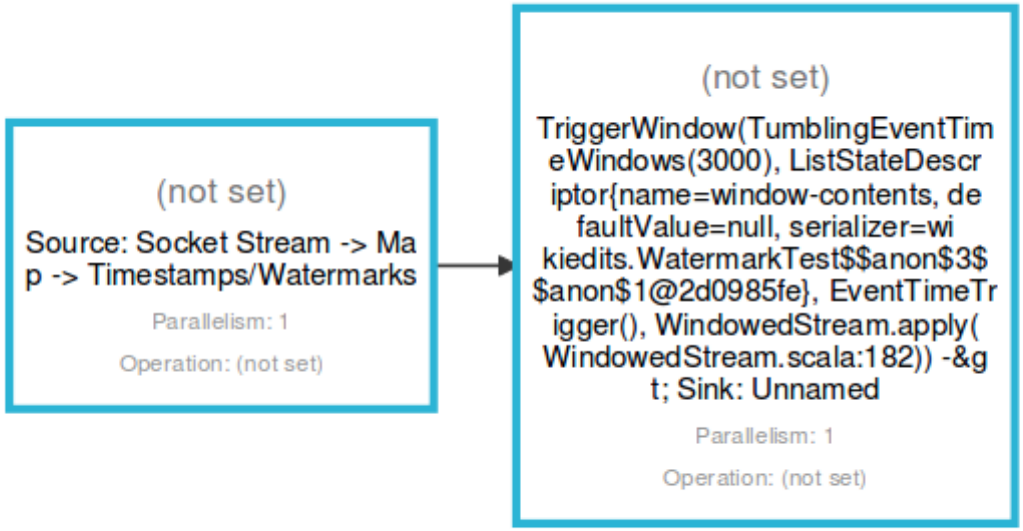
（1）接收socket数据

（2）将每行数据按照字符分隔，每行map成一个tuple类型（code，time）

（3）抽取timestamp生成watermark。并打印（code，time，格式化的time，currentMaxTimestamp，currentMaxTimestamp的格式化时间，watermark时间）。

（4）event time每隔3秒触发一次窗口，输出（code，窗口内元素个数，窗口内最早元素的时间，窗口内最晚元素的时间，窗口自身开始时间，窗口自身结束时间）

注意：new AssignerWithPeriodicWatermarks[(String,Long)中有抽取timestamp和生成watermark2个方法，在执行时，它是先抽取timestamp，后生成watermark，因此我们在这里print的watermark时间，其实是上一条的watermark时间，我们到数据输出时再解释。



生成的Job Graph

5、通过数据跟踪watermark的时间

我们重点看看watermark与timestamp的时间，并通过数据来看看window的触发时机。

首先，我们开启socket，输入第一条数据：

```
000001,1461756862000
```

输出的out文件如下：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19
```

这里，看下watermark的值，-10000，即0-10000得到的。这就说明程序先执行timestamp，后执行watermark。所以，每条记录打印出的watermark，都应该是上一条的watermark。为了观察方便，我汇总了输出如下：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000

此时，wartermark的时间按照逻辑，已经落后于currentMaxTimestamp10秒了。我们继续输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
```

此时，输出内容如下：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
```

我们再次汇总，见下表：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000
000001	1461756866000	1461756866000	1461756856000
	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:16.000

我们继续输入，这时我们再次输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
```

输出如下：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 146
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 146
~
```

汇总如下：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000
000001	1461756866000	1461756866000	1461756856000
	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:16.000
000001	1461756872000	1461756872000	1461756862000
	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:22.000

到这里，window仍然没有被触发，此时watermark的时间已经等于了第一条数据的Event Time了。那么window到底什么时候被触发呢？我们再次输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
```

输出：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
~
~
~
~
~
```

汇总：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000
000001	1461756866000	1461756866000	1461756856000
	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:16.000
000001	1461756872000	1461756872000	1461756862000
	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:22.000
000001	1461756873000	1461756873000	1461756863000
	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19

OK，window仍然没有触发，此时，我们的数据已经发到2016-04-27 19:34:33.000了，最早的数据已经过去了1秒了，还没有开始计算。那是不是要等到13（10+3）秒过去了，才开始触发window呢？答案是否定的。

我们再次增加1秒，输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
000001,1461756874000
```

输出：


```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
timestamp:000001,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,Watermark @ 1461756863000
(000001,1,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:21.000,2016-04-27 19:34:24.000)
~
```

汇总：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark	window_start_time	window_end_time
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000		
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000		
000001	1461756866000	1461756866000	1461756856000		
	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:16.000		
000001	1461756872000	1461756872000	1461756862000		
	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:22.000		
000001	1461756873000	1461756873000	1461756863000		
	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:23.000		
000001	1461756874000	1461756874000	1461756864000		
	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:24.000	[19:34:21.000	19:34:24.000)

到这里，我们做一个说明：

window的触发机制，是先按照自然时间将window划分，如果window大小是3秒，那么1分钟内会把window划分为如下的形式:

```
[00:00:00,00:00:03)
[00:00:03,00:00:06)
...
[00:00:57,00:01:00)
```

如果window大小是10秒，则window会被分为如下的形式：


```
[00:00:00,00:00:10)
[00:00:10,00:00:20)
...
[00:00:50,00:01:00)
```

window的设定无关数据本身，而是系统定义好了的。

输入的数据中，根据自身的Event Time，将数据划分到不同的window中，如果window中有数据，则当watermark时间>=Event Time时，就符合了window触发的条件了，最终决定window触发，还是由数据本身的Event Time所属的window中的window_end_time决定。

上面的测试中，最后一条数据到达后，其水位线已经升至19:34:24秒，正好是最早的一条记录所在window的window_end_time，所以window就被触发了。

为了验证window的触发机制，我们继续输入数据：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
000001,1461756874000
000001,1461756876000
```

输出：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
timestamp:000001,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,Watermark @ 1461756863000
(000001,1,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:21.000,2016-04-27 19:34:24.000)
timestamp:000001,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,Watermark @ 1461756864000
~
```

汇总：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark	window_start_time	window_end_time
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000		
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000		
000001	1461756866000	1461756866000	1461756856000		
	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:16.000		
000001	1461756872000	1461756872000	1461756862000		
	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:22.000		
000001	1461756873000	1461756873000	1461756863000		
	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:23.000		
000001	1461756874000	1461756874000	1461756864000		
	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:24.000	[19:34:21.000	19:34:24.000)
000001	1461756876000	1461756876000	1461756866000		
	2016-04-27 19:34:36.000	2016-04-27 19:34:36.000	2016-04-27 19:34:26.000		

此时，watermark时间虽然已经达到了第二条数据的时间，但是由于其没有达到第二条数据所在window的结束时间，所以window并没有被触发。那么，第二条数据所在的window时间是：

```
1 [19:34:24,19:34:27)
```

也就是说，我们必须输入一个19:34:27秒的数据，第二条数据所在的window才会被触发。我们继续输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
000001,1461756874000
000001,1461756876000
000001,1461756877000
```

输出：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
timestamp:000001,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,Watermark @ 1461756863000
(000001,1,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:21.000,2016-04-27 19:34:24.000)
timestamp:000001,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,Watermark @ 1461756864000
timestamp:000001,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,Watermark @ 1461756866000
(000001,1,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:24.000,2016-04-27 19:34:27.000)
~
~
~
```

汇总：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark	window_start_time	window_end_time
000001	1461756862000	1461756862000	1461756852000		
	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:22.000	2016-04-27 19:34:12.000		
000001	1461756866000	1461756866000	1461756856000		
	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:26.000	2016-04-27 19:34:16.000		
000001	1461756872000	1461756872000	1461756862000		
	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:22.000		
000001	1461756873000	1461756873000	1461756863000		
	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:23.000		
000001	1461756874000	1461756874000	1461756864000		
	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:24.000	[19:34:21.000	19:34:24.000)
000001	1461756876000	1461756876000	1461756866000		
	2016-04-27 19:34:36.000	2016-04-27 19:34:36.000	2016-04-27 19:34:26.000		
000001	1461756877000	1461756877000	1461756867000		
	2016-04-27 19:34:37.000	2016-04-27 19:34:37.000	2016-04-27 19:34:27.000	[19:34:24.000	19:34:27.000)

此时，我们已经看到，window的触发要符合以下几个条件：

```
1、watermark时间 >= window_end_time
2、在[window_start_time,window_end_time)中有数据存在
```

同时满足了以上2个条件，window才会触发。

而且，这里要强调一点，watermark是一个全局的值，不是某一个key下的值，所以即使不是同一个key的数据，其warmark也会增加，例如：

输入：

```
000002,1461756879000
```

输出：

```
timestamp:000002,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,1461756879000|2016-04-27 19
```

我们看到，currentMaxTimestamp也增加了。

6、watermark+window处理乱序

我们上面的测试，数据都是按照时间顺序递增的，现在，我们输入一些乱序的（late）数据，看看watermark结合window机制，是如何处理乱序的。

输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
000001,1461756874000
000001,1461756876000
000001,1461756877000
000002,1461756879000
000001,1461756871000
```

输出：


```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
timestamp:000001,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,Watermark @ 1461756863000
(000001,1,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:21.000,2016-04-27 19:34:24.000)
timestamp:000001,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,Watermark @ 1461756864000
timestamp:000001,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,Watermark @ 1461756866000
(000001,1,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:24.000,2016-04-27 19:34:27.000)
timestamp:000002,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756867000
timestamp:000001,1461756871000|2016-04-27 19:34:31.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756869000
~
```

汇总：

Key	Event Time	currentMaxTimestamp	Watermark	window_start_time	window_end_time
000001	1461756872000	1461756872000	1461756862000		
	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:32.000	2016-04-27 19:34:22.000		
000001	1461756873000	1461756873000	1461756863000		
	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:33.000	2016-04-27 19:34:23.000		
000001	1461756874000	1461756874000	1461756864000		
	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:34.000	2016-04-27 19:34:24.000	[19:34:21.000	
000001	1461756876000	1461756876000	1461756866000		
	2016-04-27 19:34:36.000	2016-04-27 19:34:36.000	2016-04-27 19:34:26.000		
000001	1461756877000	1461756877000	1461756867000		
	2016-04-27 19:34:37.000	2016-04-27 19:34:37.000	2016-04-27 19:34:27.000	[19:34:24.000	19:34:27.000)
000001	1461756879000	1461756879000	1461756869000		
	2016-04-27 19:34:39.000	2016-04-27 19:34:39.000	2016-04-27 19:34:29.000		
000001	1461756871000	1461756879000	1461756869000		
	2016-04-27 19:34:31.000	2016-04-27 19:34:39.000	2016-04-27 19:34:29.000		

可以看到，虽然我们输入了一个19:34:31的数据，但是currentMaxTimestamp和watermark都没变。此时，按照我们上面提到的公式：


```
1、watermark时间 >= window_end_time
2、在[window_start_time,window_end_time)中有数据存在
```

watermark时间（19:34:29） < window_end_time（19:34:33），因此不能触发window。

那如果我们再次输入一条19:34:43的数据，此时watermark时间会升高到19:34:33，这时的window一定就会触发了，我们试一试：

输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
000001,1461756874000
000001,1461756876000
000001,1461756877000
000002,1461756879000
000001,1461756871000
000001,1461756873000
000001,1461756883000
```

输出：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
timestamp:000001,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,Watermark @ 1461756863000
(000001,1,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:21.000,2016-04-27 19:34:24.000)
timestamp:000001,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,Watermark @ 1461756864000
timestamp:000001,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,Watermark @ 1461756866000
(000001,1,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:24.000,2016-04-27 19:34:27.000)
timestamp:000002,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756867000
timestamp:000001,1461756871000|2016-04-27 19:34:31.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756869000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756869000
timestamp:000001,1461756883000|2016-04-27 19:34:43.000,1461756883000|2016-04-27 19:34:43.000,Watermark @ 1461756869000
(000001,2,2016-04-27 19:34:31.000,2016-04-27 19:34:32.000,2016-04-27 19:34:30.000,2016-04-27 19:34:33.000)
~
~
```

这里，我么看到，窗口中有2个数据，19:34:31和19:34:32的，但是没有19:34:33的数据，原因是窗口是一个前闭后开的区间，19:34:33的数据是属于[19:34:33,19:34:36)的窗口的。

上边的结果，已经表明，对于out-of-order的数据，Flink可以通过watermark机制结合window的操作，来处理一定范围内的乱序数据。那么对于“迟到”太多的数据，Flink是怎么处理的呢？

7、late element的处理

我们输入一个乱序很多的（其实只要Event Time < watermark时间）数据来测试下：

输入：

```
000001,1461756862000
000001,1461756866000
000001,1461756872000
000001,1461756873000
000001,1461756874000
000001,1461756876000
000001,1461756877000
000002,1461756879000
000001,1461756871000
000001,1461756873000
000001,1461756883000
000002,1461756872000
```

输出：

```
timestamp:000001,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,1461756862000|2016-04-27 19:34:22.000,Watermark @ -10000
timestamp:000001,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,1461756866000|2016-04-27 19:34:26.000,Watermark @ 1461756852000
timestamp:000001,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,Watermark @ 1461756856000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,Watermark @ 1461756862000
timestamp:000001,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,1461756874000|2016-04-27 19:34:34.000,Watermark @ 1461756863000
(000001,1,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:22.000,2016-04-27 19:34:21.000,2016-04-27 19:34:24.000)
timestamp:000001,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,1461756876000|2016-04-27 19:34:36.000,Watermark @ 1461756864000
timestamp:000001,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,1461756877000|2016-04-27 19:34:37.000,Watermark @ 1461756866000
(000001,1,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:26.000,2016-04-27 19:34:24.000,2016-04-27 19:34:27.000)
timestamp:000002,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756867000
timestamp:000001,1461756871000|2016-04-27 19:34:31.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756869000
timestamp:000001,1461756873000|2016-04-27 19:34:33.000,1461756879000|2016-04-27 19:34:39.000,Watermark @ 1461756869000
timestamp:000001,1461756883000|2016-04-27 19:34:43.000,1461756883000|2016-04-27 19:34:43.000,Watermark @ 1461756869000
(000001,2,2016-04-27 19:34:31.000,2016-04-27 19:34:32.000,2016-04-27 19:34:30.000,2016-04-27 19:34:33.000)
timestamp:000002,1461756872000|2016-04-27 19:34:32.000,1461756883000|2016-04-27 19:34:43.000,Watermark @ 1461756873000
(000002,1,2016-04-27 19:34:32.000,2016-04-27 19:34:32.000,2016-04-27 19:34:30.000,2016-04-27 19:34:33.000)
~
~
```

我们看到，我们输入的数据是19:34:32的，而当前watermark时间已经来到了19:34:33，Event Time < watermark时间，所以来一条就触发一个window。

8、总结

8.1、Flink如何处理乱序？

```
1 watermark+window机制
```

window中可以对input进行按照Event Time排序，使得完全按照Event Time发生的顺序去处理数据，以达到处理乱序数据的目的。

8.2、Flink何时触发window？

```
1 1、Event Time < watermark时间（对于late element太多的数据而言）
```

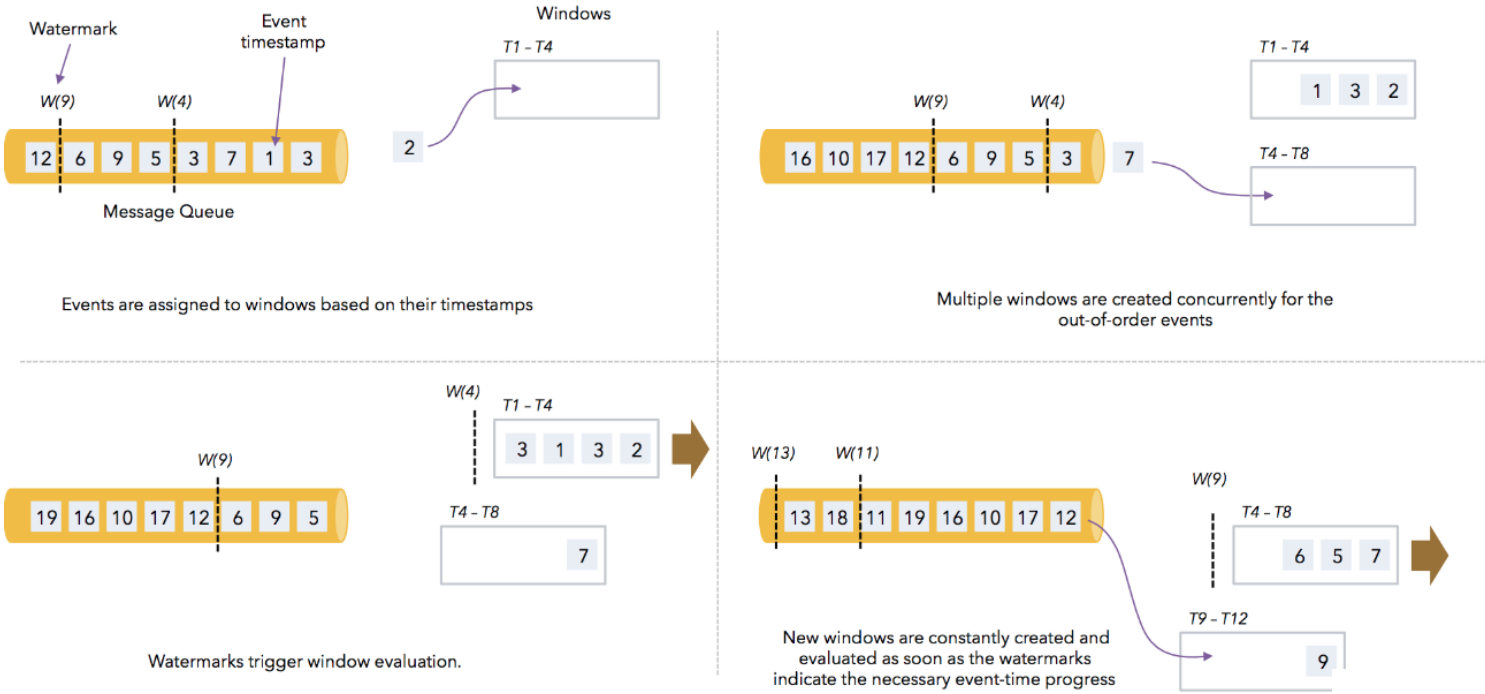
或者

```
1 1、watermark时间 >= window_end_time（对于out-of-order以及正常的数据而言）
2 2、在[window_start_time,window_end_time)中有数据存在
```

8.3、Flink应该如何设置最大乱序时间？

这个要结合自己的业务以及数据情况去设置。如果maxOutOfOrderness设置的太小，而自身数据发送时由于网络等原因导致乱序或者late太多，那么最终的结果就是会有很多单条的数据在window中被触发，数据的正确性影响太大。

最后，我们通过一张图来看看watermark、Event Time和window的关系：



9、参考

http://data-artisans.com/how-apache-flink-enables-new-streaming-applications-part-1/
https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.1/apis/streaming/event_time.html
https://ci.apache.org/projects/flink/flink-docs-release-1.1/apis/streaming/event_timestamps_watermarks.html
https://www.oreilly.com/ideas/the-world-beyond-batch-streaming-101
https://static.googleusercontent.com/media/research.google.com/en//pubs/archive/43864.pdf
http://www.cnblogs.com/fxjwind/p/5627187.html

上一篇 Flink流计算编程--Session Window实战

下一篇 Flink Jobmanager HA配置（standalone）

我的同类文章

Flink（31）

- Flink流计算编程--看看别人怎… 2017-04-05 阅读 24
- Apache Flink SQL示例 2017-03-09 阅读 74
- 精通Apache Flink读书笔记--1… 2017-03-06 阅读 97
- Flink流计算编程--Flink中allow… 2017-02-17 阅读 102
- 解读Flink中轻量级的异步快照… 2017-02-08 阅读 79
- Apache Beam正式成为Apach… 2017-01-11 阅读 522
- 精通Apache Flink读书笔记--5 2017-03-17 阅读 66
- 精通Apache Flink读书笔记--3… 2017-03-09 阅读 122
- 精通Apache Flink读书笔记 2017-03-06 阅读 91
- 解读Flink中轻量级的异步快照… 2017-02-09 阅读 98
- 回顾2016--Apache Flink流处… 2017-01-12 阅读 2

更多文章

参考知识库

Scala知识库

1447 关注 | 680 收录

软件测试知识库

4436 关注 | 318 收录

猜你在找

查看评论

2楼 过往记忆 2017-03-03 09:45发表

纠正一下：这里，看下watermark的值，-10000，即0-10000得到的。这就说明程序先执行timestamp，后执行watermark。

这句话有错，AssignerWithPeriodicWatermarks子类是每隔一段时间执行的，这个具体由ExecutionConfig.setAutoWatermarkInterval设置，如果没有设置会一直调用getCurrentWatermark方法，之所以会出现-10000时因为你没有数据进入窗口，当然一直都是-10000，但是getCurrentWatermark方法不是在执行extractTimestamp后才执行的。

Re: lmalds李麦迪 2017-04-01 09:43发表

回复过往记忆：多谢纠正！我之前理解有误，认为setAutoWatermarkInterval只是针对于Ingestion Time而言。

1楼 zstu 2016-12-02 11:25发表

如果设置的maxOutOfOrderness不是足够大，当该窗口的end_time < watermark time，且该窗口被触发后，如果后续还有该窗口的数据，那这些数据怎么处理，是丢失吗？

Re: lmalds李麦迪 2017-02-17 11:24发表

回复zstu：默认会被删除，如果在窗口上设置allowedLateness参数，原窗口中的内容不会立即被删除，而是会再次等待一段时间，即watermark小于end-time + allowedLateness时，后续的该窗口的数据到达时会纳入到原窗口，再次触发计算。如果是session window，这可能还会引起窗口的merge。假如watermark >= end_time + allowedLateness时，后续的还有属于该窗口的数据到达时，那么这种数据只能被删除了，因为系统不会无限制的等下去，这既会增加window buffer的大小，也会引起不必要的性能下降。

发表评论

用 户 名： Angel13933672387

评论内容：

提交

* 以上用户言论只代表其个人观点，不代表CSDN网站的观点或立场

核心技术类目

全部主题 Hadoop AWS 移动游戏 Java Android iOS Swift 智能硬件 Docker OpenStack VPN
Spark ERP IE10 Eclipse CRM JavaScript 数据库 Ubuntu NFC WAP jQuery BI HTML5

Spring Apache .NET API HTML SDK IIS Fedora XML LBS Unity Splashtop UML components Windows Mobile Rails QEMU KDE Cassandra CloudStack FTC coremail OPhone CouchBase 云计算 iOS6 Rackspace Web App SpringSide Maemo Compuware 大数据 aptech Perl Tornado Ruby Hibernate ThinkPHP HBase Pure Solr Angular Cloud Foundry Redis Scala Django Bootstrap