



多线程MergeSort 文档 Author:赵晋

Email:372586300@qq.com

调研

给定问题为内存中多线程归并排序，内存足够大，主要瓶颈为CPU资源。

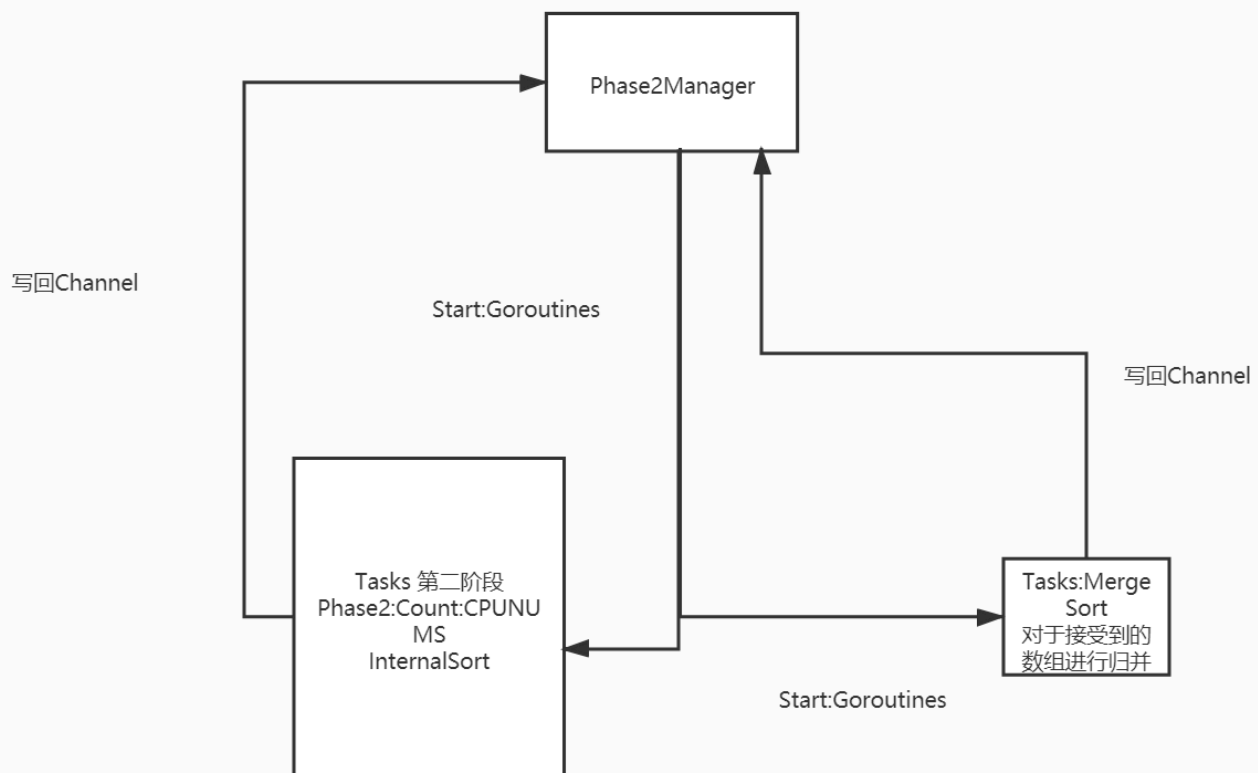
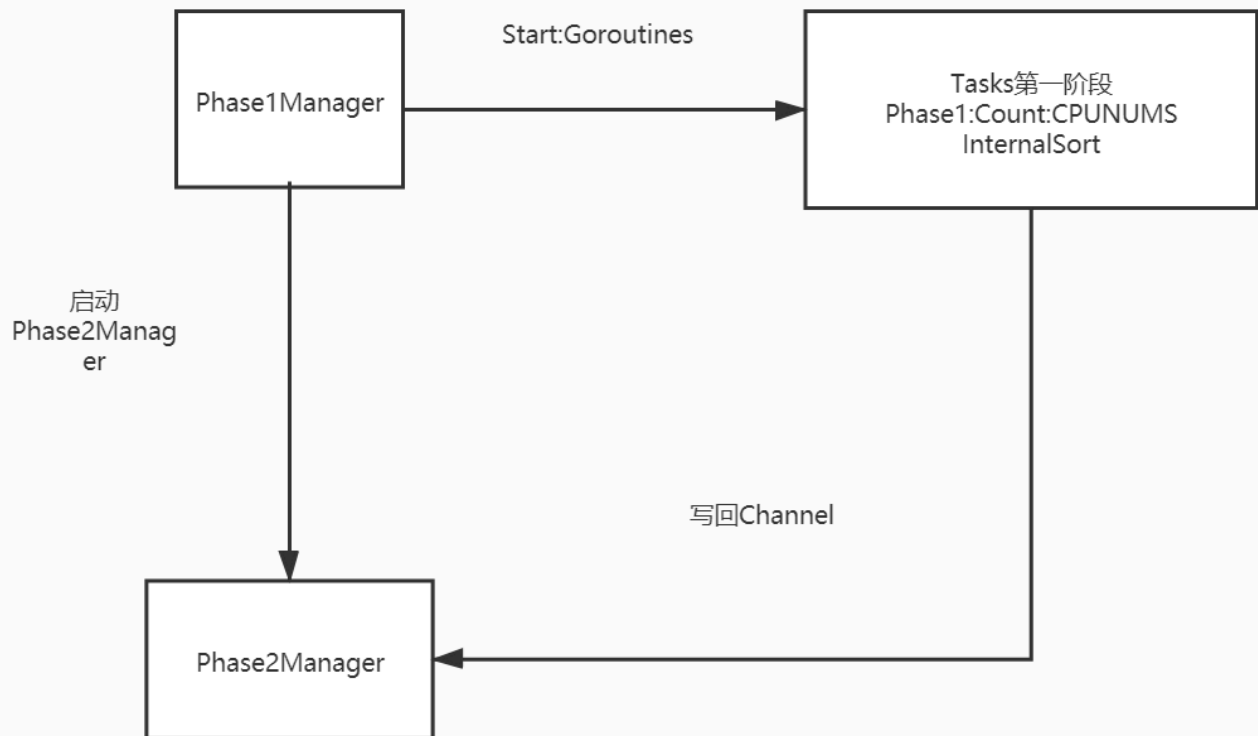
经过查阅资料，我确定了以下几项可以优化的点：

1. 对于多个有序数组，可以正反两个方向同时进行归并，即从小到大归并，和从大到小归并。
2. 对于有序数组数量为2时，可以使用基于二分查找的方式获取中间点，复杂度为 $O(\log N)$ ，N为两数组中较小的长度。再从中间截断，可以拆分为左右两部分。当待归并的有序数组数量大于2时，需要的复杂度较高，不考虑。
3. 对于有序数组数量大于2，如果两两归并，效率是不如直接整体归并的。
4. 对于最后归并完成后的拷贝回原数组的操作，可以对使用多线程加速，将归并好的数组分段，充分利用CPU，加速拷贝。

总体思想

因为在调研中提到的第二点和第三点，即当归并任务中有序数组数量为2时，可以在复杂度不高的情况下，将任务继续拆分，这样可以充分利用多线程的优势。当CPU空闲核心小于等于2时，此时应该直接整体归并，反之，则应该使用两两归并。所以我决定根据CPU数量和当前处理中的任务数实现一个自适应任务分配算法。

如下图所示：若CPU数量只有1个，直接内部排序返回。否则将目标数组分成两个部分，即部分1和部分2，处理上分为Phase1Manager,Phase2Manager，其中Phase1Manager先对第一部分进行分段，段数为CPU数量，对于每段利用GO自带的内部排序方法进行排序。同时开启Phase2Manager接收排序处理后的数组，根据CPU数量和当前处理中的任务数的情况，进行任务分配,启动归并排序。



具体实现

上文提到，根据CPU核心数量和当前任务数进行任务分配，每时间段内t，查看有没有返回的任务，若不存在则继续等待，若存在返回的任务。则再等待时间t，直到，存在接受到的任务数量大于等于2并且下一个t时刻没有新任务到来时结束。此时通过算法公式判断：

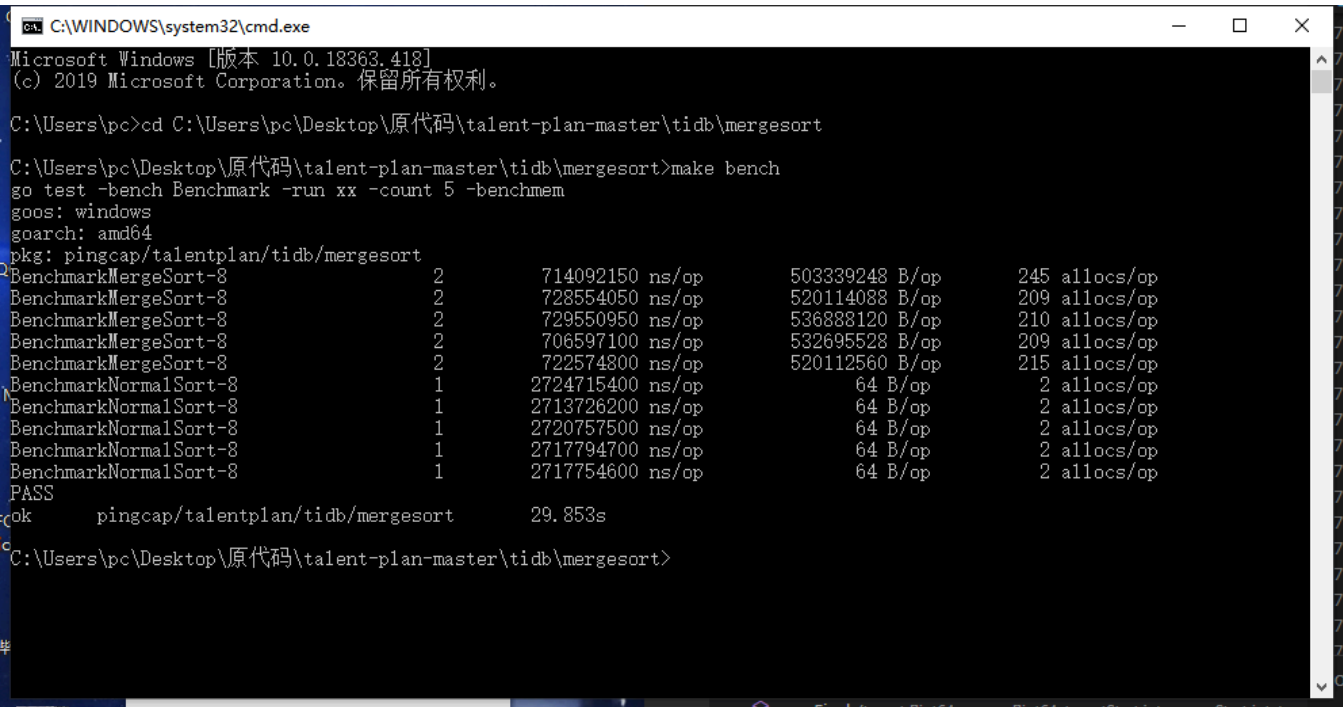
公式为：设workCounts2为当前处理中的任务数，CpuNums为cpu核心数，

- 1. 当worksCount2>cpuNums/2时，由于每个任务可能有正反双向处理，即占用两个核心，此时CPU符合已满，则对这批任务进行整体归并，不使用两两归并拆分加速。
- 2. 当worksCount2<=cpuNums/2，此时表示CPU有余力，于是将这批任务进行两两归并处理，并进行适当拆分加速。

最后全部处理完毕后，将归并后的数组，拷贝回原数组，利用多线程加速。

pprof参数调优

我的CPU为4核心，开启了超线程，go识别为8核心。最初，参数上存在误估，任务等待时间即上文提到的t，设的值为0.2秒，偏大，经过调整，调小为0.01秒。先前测试结果为：多线程归并0.95秒，单线程归并2.7秒左右，结果调整，多线程归并排序时间的降低为0.71秒。结果如下图所示：



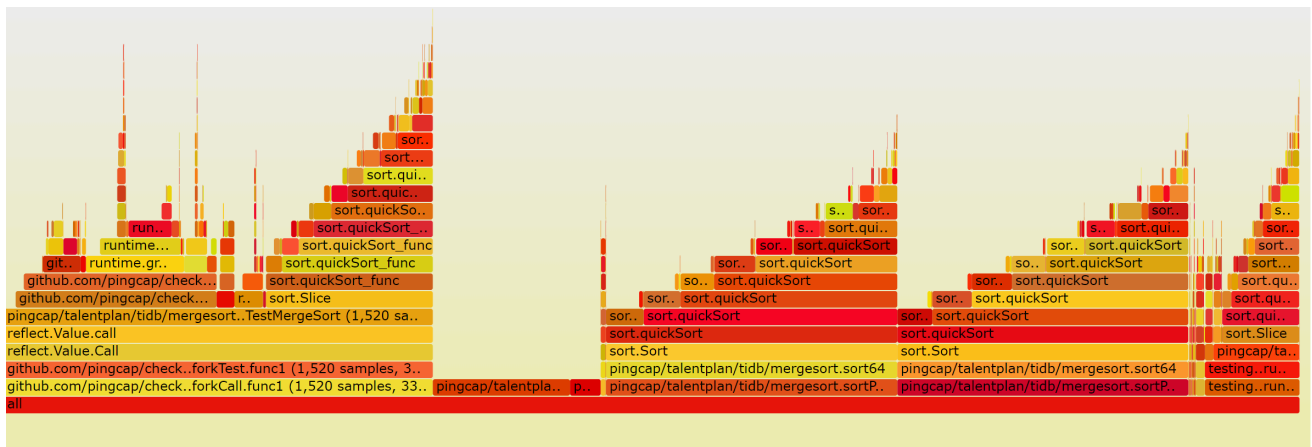
```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 10.0.18363.418]
(c) 2019 Microsoft Corporation. 保留所有权利。

C:\Users\pc>cd C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort

C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort>make bench
go test -bench Benchmark -run xx -count 5 -benchmem
goos: windows
goarch: amd64
pkg: pingcap/talentplan/tidb/mergesort
BenchmarkMergeSort-8      2      714092150 ns/op      503339248 B/op      245 allocs/op
BenchmarkMergeSort-8      2      728554050 ns/op      520114088 B/op      209 allocs/op
BenchmarkMergeSort-8      2      729550950 ns/op      536888120 B/op      210 allocs/op
BenchmarkMergeSort-8      2      706597100 ns/op      532695528 B/op      209 allocs/op
BenchmarkMergeSort-8      2      722574800 ns/op      520112560 B/op      215 allocs/op
BenchmarkNormalSort-8      1      2724715400 ns/op        64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-8      1      2713726200 ns/op        64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-8      1      2720757500 ns/op        64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-8      1      2717794700 ns/op        64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-8      1      2717754600 ns/op        64 B/op           2 allocs/op
PASS
ok      pingcap/talentplan/tidb/mergesort      29.853s

C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort>
```

利用go-torch工具，可视化cpu利用率后，如下图所示：



经查看发现，CPU使用上，多路归并排序只有10%，而phase1Manager和phase2Manager的内部排序占比为45%左右，瓶颈主要在内部排序。

关闭超线程后，go识别为4核心。测试结果为：多线程归并0.9秒，单线程归并2.7秒。结果如下图所示：

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows [版本 10.0.18363.418]
(c) 2019 Microsoft Corporation。保留所有权利。

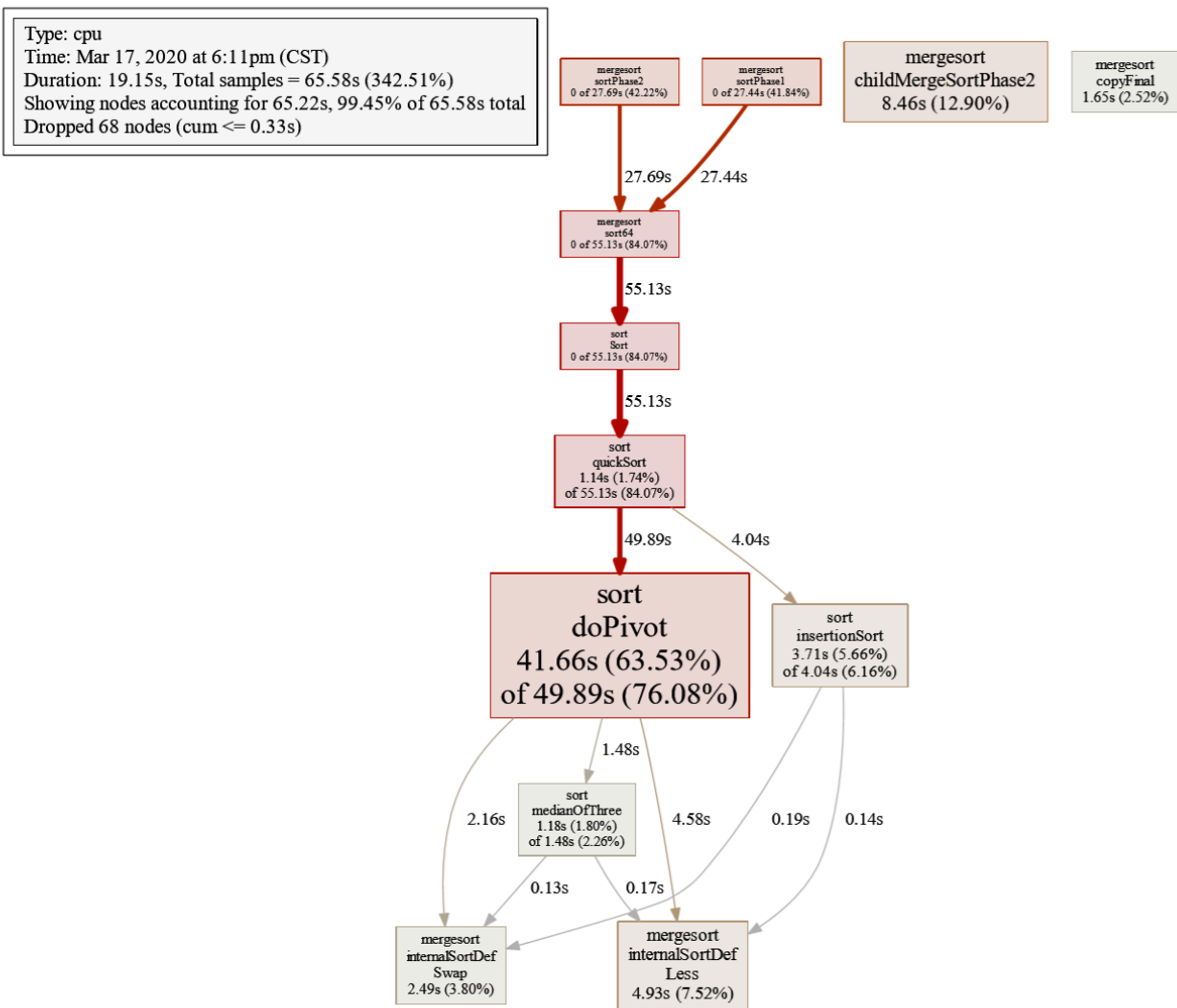
C:\Users\pc>cd C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort

C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort>make bench
go test -bench Benchmark -run xx -count 5 -benchmem
goos: windows
goarch: amd64
pkg: pingcap/talentplan/tidb/mergesort
BenchmarkMergeSort-4      2      911561600 ns/op      369108040 B/op      99 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      910550600 ns/op      419438512 B/op      96 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      933334050 ns/op      394273384 B/op     102 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      906076500 ns/op      419438064 B/op      92 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      918050950 ns/op      419439424 B/op     101 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2704785000 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2694811700 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2703787500 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2684838100 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2702750300 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
PASS
ok      pingcap/talentplan/tidb/mergesort      32.142s

C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort>

```

利用pprof输出pdf，结果如下图所示：



手动改变算法中的CPU核心数为8测试，结果并没有明显变化。结果如下图所示：

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
BenchmarkMergeSort-4      2      911561600 ns/op      369108040 B/op      99 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      910550600 ns/op      419438512 B/op      96 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      933334050 ns/op      394273384 B/op     102 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      906076500 ns/op      419438064 B/op      92 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      918050950 ns/op      419439424 B/op     101 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2704785000 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2694811700 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2703787500 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2684838100 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2702750300 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
PASS
ok      pingcap/talentplan/tidb/mergesort      32.142s

C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort>make bench
go test -bench Benchmark -run xx -count 5 -benchmem
goos: windows
goarch: amd64
pkg: pingcap/talentplan/tidb/mergesort
BenchmarkMergeSort-4      2      914043600 ns/op      511721704 B/op      222 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      890617500 ns/op      494947576 B/op      201 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      910550750 ns/op      486556968 B/op      197 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      927010600 ns/op      532690912 B/op      194 allocs/op
BenchmarkMergeSort-4      2      918533750 ns/op      494942712 B/op      184 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2701772000 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2701817300 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2690803300 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2692804800 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
BenchmarkNormalSort-4      1      2688808500 ns/op         64 B/op           2 allocs/op
PASS
ok      pingcap/talentplan/tidb/mergesort      31.933s

C:\Users\pc\Desktop\源代码\talent-plan-master\tidb\mergesort>

```