

# 基于网格的铁路运价测算任务分解研究与设计

邓瑞龙, 路红英, 戴钢

(北京交通大学 计算机学院网络管理研究中心, 北京 100044)

**摘要:** 介绍铁路货运信息系统运价测算的发展过程以及现状, 分析目前运价测算在信息系统中存在的问题, 提出测算任务分解的设想。根据网格技术以及目前铁路货运信息系统结构的研究, 论证测算任务分解的可行性, 并设计出基于网格的铁路运价测算任务分解的系统结构及实现方法。

**关键词:** 网格; 运价测算; 任务分解; 结构设计; 实现方法

**中图分类号:** U293 : TP39 **文献标识码:** A

## Research and design on task decomposition of railway price calculation based on grid

DENG Rui-long, LU Hong-ying, DAI Gang

(Network Management Research Center, School of Computer, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

**Abstract:** It was introduced the development process of price calculation of Railway Freight Information System, as well as its current situation, analyzed the problem of current price calculation in Information System and put forward a new idea of task decomposition, and then demonstrated the feasibility of the new idea according to grid technology and the research on the architecture of current Railway Freight Information System, finally designed the System structure and made clear the key technology of implementation.

**Key words:** grid; price calculation; task decomposition; architecture design; implementation method

铁路是国民经济的大动脉, 铁路运价调整是国家宏观调控的重要手段。

我国现行铁路货运运价是根据铁路运输部门平均运输成本加上一定盈利(考虑国家各项方针、政策)的大原则产生的全国统一运价, 主要由3个部分组成: (1) 基本运价。指现行《铁路货物运价规则》中公布的发到基价和运行基价; (2) 附加运价。指《铁路货物运价规则》中规定必须收取的电气化附加费、新路新价均摊运费、铁路建设基金, 以及各种运杂费等收费标准; (3) 特殊线路运价。如京九线运价等<sup>[5]</sup>。

铁路货运运费计算方法如下:

整车货物每吨运价=基价1+基价2\*运价公里

零担货物每10千克运价=基价1+基价2\*运价公里

集装箱货物每箱运价=基价1+基价2\*运价公里

运价测算是指根据货票的基价1、基价2、车

数箱数、重量、运价里程等关键要素和拟调整运价率的大小, 测算运价调整后对整体运输收入水平的影响, 为运价调整提供依据。

表1 铁路货物运价率表

办理类别	运价号	基价1		基价2	
		单位	标准	单位	标准
整车	1	元/t	5.600	元/tkm	0.0288
	2	元/t	6.300	元/tkm	0.0329
	3	元/t	7.400	元/tkm	0.0385
	....	....	....	....	....
	加冰冷藏车	元/t	9.200	元/tkm	0.0506
	机械冷藏车	元/t	11.200	元/tkm	0.0730
零担	21	元/10kg	0.115	元/10kgkm	0.0005
	22	元/10kg	0.165	元/10kgkm	0.0007
集装箱	1t箱	元/箱	10.000	元/箱km	0.0336
	10t箱	元/箱	118.500	元/箱km	0.4234
	20ft箱	元/箱	215.000	元/箱km	0.9274
	40ft箱	元/箱	423.000	元/箱km	1.4504

## 1 铁路系统运价测算的发展过程及现状

### 1.1 运价测算发展过程

运价测算发展, 经历了人工测算和计算机测算两个阶段。

在铁路信息化建设以前, 铁路货运物流基本

上由人工干涉。货物的装车卸车、发送到达，须通过人工发电报、手工记账的方式实现。那时候，如果要分析铁路运输收益，测算运价调整前后运输收入变化明细，则需要人工从大量的货票中抽取关键要素进行测算。

自 20 世纪 90 年代起，我国信息化建设以前所未有的速度大跨步向前迈进。以信息化带动工业化，提高企业的竞争力是众多企业迎接市场挑战的共识之一。

铁路信息化在这一潮流中应运而生。在铁路信息化建设中，运价测算基本上由计算机来完成，并且由单机计算向多机联合计算方向发展。

## 1.2 运价测算的现状分析

随着铁路信息化建设的发展，目前铁路货运信息系统已经形成了以铁道部、铁路局为节点，覆盖全国铁路的大型网格应用系统，系统中的大量信息分布在各级节点上不同的服务器中，所采用的网格技术能更及时、准确、充分地整合和利用这些海量分布信息。基于网格的运价测算系统结构如图 1。

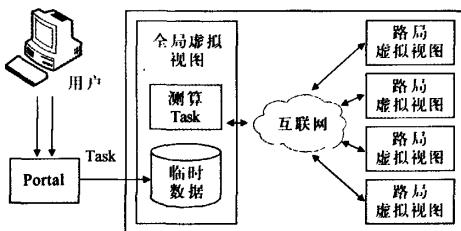


图 1 运价测算系统结构图

用户请求的任务直接提交到系统中全铁路局网格节点，该节点根据任务所需要的资源，将铁路局资源映射到本地临时数据库中，最后从这些临时数据测算出运价调整后运输收入的变化影响。

## 1.3 铁路运价测算任务分解的需求背景

铁路货票是铁路运输行业的重要基础信息。它涵盖了完整的货源、流向、运量等货运信息。以货运处理为中心的货票信息系统在全国铁路广泛应用，大量原始资料收集到各级信息中心，形成庞大又极有价值的信息资源。

货票信息具有分散、海量、动态的信息特征。全国铁路每日产生 12 万批次的货票信息，每一批次包含 4 kbyte 的数据。根据铁路规章的规定，这些货票信息的跟踪期为 45 天，保存期为 1 年。这

意味着，每天处理的基本货票信息约为 160 Gbyte，备查的货票信息约为 1 Tbyte。每份信息平均需要在 4 个~6 个相关铁路局保存副本。

运价测算需针对货票信息的关键收入要素，测算出运价调整前后一段时间内收入的变化情况，计算量非常大，仅仅处理一天的数据都有 160 Gbyte，更不用说测算一段时间内货票信息的数据了。因此，按照目前运价测算的处理方法，仅由一个节点执行一个或多个测算任务，不能满足日益增长的测算业务需要。在这种背景下，本文提出任务分解及设计方法。

## 2 运价测算任务分解的系统分析和设计

运价测算从测算软件启动到运行结束需要几个月甚至更长时间，减少运价测算时间是运价调整的关键任务。本文提出了在网格平台上，分解任务，让多节点参与计算，以提高运价测算执行效率。运价测算任务分解基于网格技术思想，聚集和利用互联网上闲置计算资源以提供巨大的计算能力。目标是将用户提交的任务分解为若干子任务，结合网格分布式计算的技术优势，提供一个廉价而有效的解决方案，应用在大规模铁路货运信息系统上，以缩短现阶段运价测算运行时间。

### 2.1 任务分解系统结构

运价测算任务分解目标：(1) 共享和利用铁道部和各铁路局异构分布的计算资源；(2) 减轻单节点计算工作的压力，缩短运价测算的执行时间，提高系统的负载均衡性。总体结构如图 2。

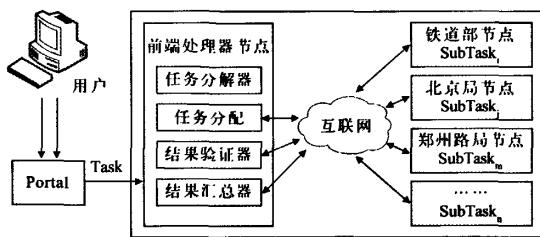


图 2 任务分解结构图

测算任务分解的主要功能是即描述作业执行过程中相关资源的配置情况，将来自客户端的请求，分解为多个尽可能高并行度的零碎片段，让多个网格节点参与执行这些片段，减轻单点计算的

系统负担，提高任务执行的并发性，缩短任务执行的时间。其核心功能包括：(1) 任务分解：系统接收到一个任务请求后，按规则将其分解为多个子任务，并将这些子任务放置于主任务池中进行统一管理；(2) 任务分配：从任务池中取一定数量的子任务，并将它们分配给网格系统中适当的计算节点去执行；(3) 结果验证：当各个子任务执行完成后，前端处理器将其结果进行验证，确保结果正确无误；(4) 结果汇总：当所有子任务执行完成后，前端处理器将子任务的结果汇总，形成整个任务的结果。

## 2.2 实现关键技术

### 2.2.1 任务分解原则

在网格分布式并行计算环境中，任务划分要考虑到网格节点本身的静态信息，测算软件的动态信息及多任务片段相互关联、相互制约的通讯问题。根据铁路网格计算环境的要求，兼顾多测算软件的协同工作的特点，在进行任务划分时的粒度要适中，一般要遵从以下原则：(1) 独立性：所划分的任务要具有一定的独立性，这样有助于测算软件独立处理任务片段，减少相互间协调、通讯的工作；(2) 均匀性：分解大小、规模、难易程度要尽量均匀，避免某一任务片段执行时间过长，导致网格各节点的负担不均衡，影响系统整体的执行效率；(3) 层次性：任务的层次性是指一个上层任务通过一组下层任务来实现的性质；(4) 完整性：必须保证所有子任务的执行能够实现上层任务的需求。

### 2.2.2 任务的描述

任务描述旨在准确地揭示任务的属性和特征，为规范化的任务分解、任务分配理论提供基础。为了这一目的，本文提供了类似于LISP语言的结构化表示方法，将一个测算任务表示为一个结构化的信息模块。如下所示：

```
(task
  (taskId="0000100231")
  (taskName="测算1")
  (role="管理员")
  (program="测算软件名称")
  (stdin="I_r")
  (stdout="O_r")
  (arguments="测算参数")
```

(others="CPU, Memory etc."))

### 2.2.3 任务分解方法

运价测算任务具有明显的时间和地域特征，因此其任务分解也具有明显的层次树状结构。具体到任务树中，是一系列从根节点到叶子节点的分支，各分支的每一层次对应任务执行流程的一个步骤，整个任务分解树反映了任务串行执行的约束和先后顺序。

任务树的根节点是运价测算的总体目标，树中同层节点之间具有与或关系。在与或任务树中，若节点 T 有 n 条边分别通向节点 SubTask<sub>1</sub>, SubTask<sub>2</sub>, ……, SubTask<sub>n</sub>，且 n 条边的逻辑关系为与关系，则表示任务 T 的完成有赖于整个子任务组的全部完成，即  $T = SubTask_1 \wedge SubTask_2 \wedge \dots \wedge SubTask_n$ ；若 n 条边取逻辑关系为或关系，则表示任务 T 的完成有赖于子任务组中某一子任务的完成，即  $T = SubTask1 \vee SubTask2 \vee \dots \vee SubTaskn$ 。这种方法，可以把一个较为复杂的运价测算任务分解为一组较为简单的子任务，如果子任务不利于直接执行，还可以对它做进一步地分解。

例如运价测算任务分解可按图3进行。先以时间作为任务分解条件，划分为时间粒度较小的子任务，此时子任务的数据量仍然非常大，可以从铁路局的角度对子任务做进一步的分解，最后形成一系列粒度适中的任务片段。

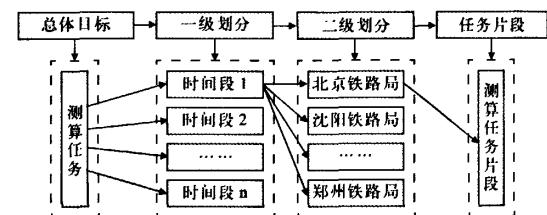


图3 运价测算任务分解图

### 2.2.4 两级任务池管理机制

基于网格的运价测算任务分解采用两级分布式动态任务池管理分解后的任务片段，调度器节点负责主任务片段池管理，网格节点服务器负责从任务池管理，从任务池动态地根据计算节点可利用资源及资源利用情况历史信息从主任务池获取若干任务片段，根据其优先级先后执行池中的任务。任务池利用负载均衡机制重新分配任务，计

算结果由结果验证器验证以便于结果汇总器进行汇总。为了提高任务池的并发访问高调度效率，采用信号量和读写锁机制控制片段的并发访问。

### 2.3 任务分解执行过程

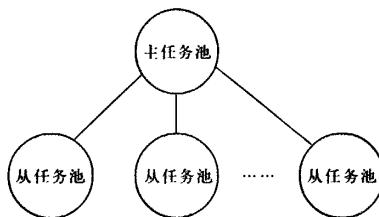


图4 两级任务池结构图

任务分解一般不可能一步到位，通常从大到小，从粗到细逐层进行，并需要网格节点之间反复协商，产生一致的分解结果，从而完成分解任务。基于网格的运价测算任务分解执行过程可见图5。

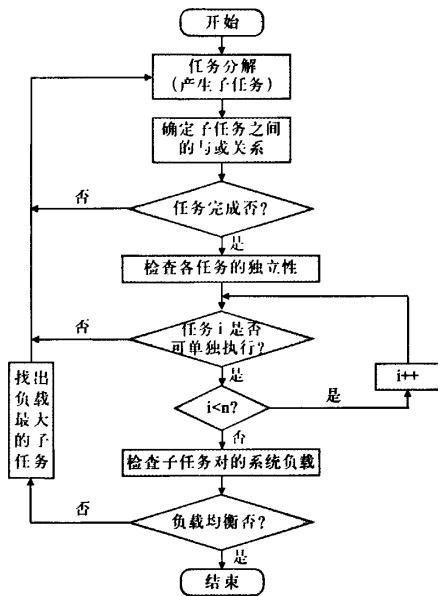


图5 任务分解执行流程

图5中，根据任务的特征，(1) 从任务实现功能和完成时间角度，列出任务完成包含的各种主要组成部分，并将其作为子任务；(2) 确定子任务之间的与或关系，这样复杂任务就可以用子任务间的合取范式来表达；(3) 检查子任务是否完整，即给定的范式能否满足求解目标，不满足则重

新分解任务，否则检查任务是否独立执行；(4) 检查任务是否满足任务分解的均匀性；(5) 循环分解任务直到终止。

### 3 结束语

本文详细讨论了测算任务分解的设计与实现，结合目前运价测算的现状及铁路业务的需求背景，分析了多节点参与测算的体系结构，论证测算任务分解的可行性，对其关键技术进行详细的分析。

未来的研究工作可以在以下几个方面加以扩展和完善：

(1) 任务分解与任务调度有机融合。任务分解和任务调度的有机融合是提高任务完成绩效的重要途径，如何将它们有机融合，是今后进一步研究的重点；

(2) 再调度任务与新任务调度的统一。再调度任务与新任务调度是复杂系统运作中的两类重要问题。一方面外部环境的变化不断产生新任务；另一方面，网格节点的变化导致已分配的任务无法完成而需要重新调度，这样有可能导致某些任务的报酬重复计算。因此，两者的有机统一是值得关注和研究的问题。

### 参考文献：

- [1] 何炎祥, 杜卓敏, 刘朝阳, 等. 基于 Agent 的分布计算环境模型研究[J]. 武汉大学学报(自然科学版), 1999, 10 (45).
- [2] 万式南, 王晓京, 宋春雨, 等. 协同设计环境下任务分配方法的研究[J]. 计算机工程, 2005, 4 (31).
- [3] 马巧云. 基于多 Agent 系统的动态任务分配研究[D]. 武汉大学博士论文, 2006.
- [4] 乔健, 查礼. 中国国家网作业管理设计与实现[J]. 计算机应用, 2008, 8 (28).
- [5] 铁道部. 铁路货物运价规则[R]. 北京: 中国铁道出版社, 2000.
- [6] Min Tan, Howard Jay Siegel, John K. Antonio, et al. Minimizing the Application Execution Time Through Scheduling of Sub-tasks and Communication Traffic in a Heterogeneous Computing System[J]. IEEE TRANSACTIONS ON PARALLEL AND DISTRIBUTED SYSTEMS, VOL. 8, NO. 8, AUGUST 1997: 857-871.