[配电通信]

面向计算与通信协同的配电网分布式控制系统调度策略

文/广东电网有限责任公司茂名供电局　殷海森　郭苑灵　赵必游

在研究配电网控制系统通信网络和计算任务的调度机制和调度方法基础上，提出针对配电网的分布式控制系统调度策略，以减少配电网控制网络中信息的冲突和拥塞现象的发生，从而提升配电网络化控制系统的服务性能。

随着配电网业务日益增多和各类分布式电源的接入与应用愈发广泛全面，面向实时分布式控制的系统需求与要求也相继更高。其中，网络的任务调度是实时分布式系统里的重中之重，因此需要通过研究面向实时分布式系统的合理任务调度策略与算法来发挥实时系统并行传输性能，并以此实现任务的实时可调度性，保持网络的负载平衡。

实时分布式任务调度算法的总体设计

实时系统按特征分为动态实时调度和静态实时调度。因为动态实时调度过于严格，因此大多数系统采用了静态实时调度，本文在结点上的任务调度也是采用静态实时调度。

基于实时调度与系统运行的同步或分步进行，可以将实时分布式系统的调度分成基于动态的实时调度与基于静态的实时调度，其中前者是同步进行的，但其要求过于严格，而后者的程序只需要通过在运行前准备好的表中对执行操作进行查看。因而目前更多的实时分布式系统都采用基于静态的实时调度方案。本文研究的调度算法也基于此方案。

分布式系统的调度层次分为任务分配和任务调度两级。任务分配处理选择任务在什么结点上执行，分配决策必须在调度执行决策之前做出；任务调度涉及到将任务按怎样的方式进行调度执行。精确判断任务集的可调度性是在分配任务之后，各结点上的任务根据使用的调度算法的可调度性方法来决定任务集是否可调度。

在任务分配的过程中，对于所采用的任务分配算法应该考虑下述规则：分配更多的任务到结点能力强的，不再分配更多任务到已经接纳很多任务的重负载节点。

分布式系统实时任务调度的结构如图1所示，包括任务分配和任务调度两个部分组成。实时任务分配部分主要负责任务集的读取与任务分配，将任务分配到各个结点上；实时任务调度部分是在每个结点上执行的，主要负责按照基于优先级的调度方法启动各个任务，调度并执行任务。如图1所示。

下面是分布式实时任务调度系统的两个基本组成部分完成的功能：

实时任务分配部分：

1）负责原始任务集的读取。

2）任务分配器中采用加权轮询机制将各任务分配到各个结点。

基金项目：广东电网有限责任公司科技项目《配网通信网业务质量系统研发及应用》（项目编号：GDKJXM20162190）资助。

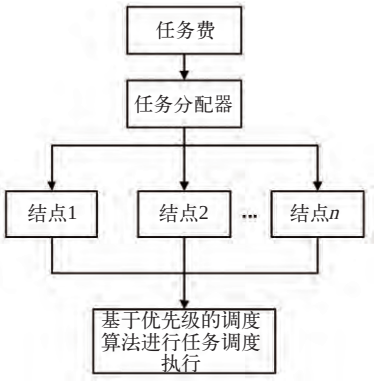

图1　分布式实时任务调度结构

实时任务调度执行部分：

1）各个结点根据能力不同接收任务。

2）按速率单调调度算法进行优先级分配。

3）执行任务。

对于任务分配器与任务调度结点之间的传送关系，任务在任务分配器中可以被抽象为以包的形式存在，所以任务是以包的形式被发送到任务调度部分，然后再在各结点上打开任务进行调度。

简单来说，分布式实时任务调度就是利用加权轮询调度算法的策略对预定义的任务集进行合理的分配到各个结点中，再利用基于优先级的调度策略对各结点中的任务进行调度。

任务分配部分的设计

在任务分配中，主要的部分是任务分配（调度）器。任务集由外输入，进入任务分配器中。任务分配器由n个队列（Q_1，Q_2，…，Q_n）组成，任务进入任务分配器中的某一个队列。n个队列的权值不同，权值高低表示任务分配的多少，从任务分配器中出来的任务进入结点中。任务分配的结构中有m个结点（m与n不一定相等，多个队列中的任务可以进入同一结点），结点间相互独立，并且结点能力大小不同：结点＞1结点＞2…＞结点m。将从权值高队列中分配出来的任务进入处理能力强的结点，而权值低队列中分配出的任务进入处理能力差的结点。其任务分配结构如图2所示。

调度算法用于决定在任一时刻哪一个就绪的任务将获得CPU的执行权利。将任务分配到三个队列中，权值大的队列分配的任务多进入处理能力强的结点，在某个时间，如果权值小的队列中输入的任务数相对较多，而权值大的队列中输入的任务数相对较少，这时根据贫富尽量平均分配原则，将权值小的队列的权值适当增加，让其分配到结点的任务相对增加，而权值大的队列的权值适当减少，让其分配到结点的任务相对减少，但它们之间的关系仍然保持不变，以达到负载平衡。如图2所示。

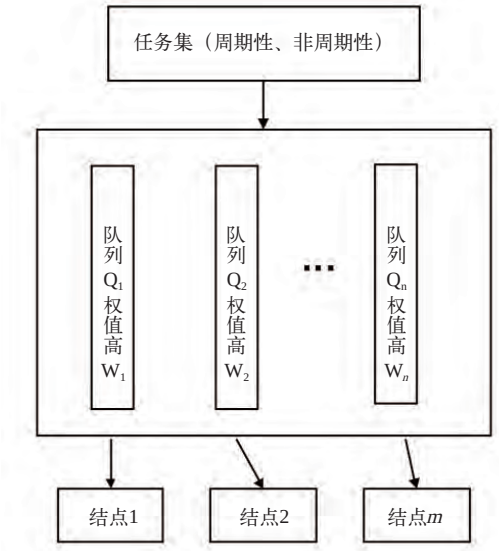

图2　分布式实时任务分配结构

任务调度部分的设计

在任务调度部分，主要是针对任务分配到结点后，在结点上任务的处理，采用速率单调调度算法（RM）。定义$S=\{t_1, t_2, \cdots, t_n\}$为一个含有$n$个周期性任务的集合，集合中的任务用$t_i=(T_i, C_i, D_i, P_i, U_i)$（$i=1, \cdots, n$）来表示，其中，$T_i$表示ti的周期，$C_i$表示$t_i$的最坏执行时间，$D_i$表示$t_i$的截止期限，即$t_i$的运行必须在时间$D_i$内完成，$P_i$表示$t_i$在该任务集中的优先级（优先级值越小，优先级越高），U_i表示t_i的CPU利用率，即$U_i=C_i/t_i$。整个任务集的CUP利用率为$U=\sum_{i=1}^{n}(C_i/t_i)$。

结束语

为了能够实现配电网高度智能化，本文在研究配电网控制系统通信网络和计算任务的调度机制和调度方法基础上，提出针对配电网的分布式控制系统调度策略，以减少配电网控制网络中信息的冲突和拥塞现象的发生，从而提高网络化控制系统的服务性能。EA

（收稿日期：2018.09.18）

（编辑：白文亭）