

doi:10.1631/FITEE.1500232

**题目：**一种解决 FlexRay 总线静态段信号调度问题的矩形装箱优化方法

**目的：**为解决大量汽车分布式实时应用的数据信号在 FlexRay 总线静态段的有效调度问题，提出了一种矩形装箱优化方法。该方法在满足每个通信信号时间限制的前提下，可以实现最小化 FlexRay 总线静态段带宽消耗。

**创新点：**提出了一种矩形装箱优化方法将强实时车载通信信号以最小的带宽消耗调度在 FlexRay 总线静态段。提出的方法具备以下三个显著优势：（1）该方法同时支持最新版 FlexRay 通信协议中两个时隙分配机制，包括单发送时隙复用机制及多发送时隙复用机制（截至目前该方法是第一个使用多发送时隙复用机制进行 FlexRay 静态段信号优化调度的研究）；（2）该方法创造性地将更小粒度的信号实例作为优化调度的基本单元，允许将不同周期的信号实例调度到相同的时隙上，提高了调度的灵活性，从而大幅度增加了 FlexRay 静态段带宽的利用率；（3）通过应用特定领域的知识减少了方法的搜索空间，显著提高了该方法的运行效率。

**方法：**首先，通过举例分析了 FlexRay 总线单发送时隙复用机制及多发送时隙复用机制对静态段信号优化调度的重要作用（图 2 和 3）。然后，基于整数线性规划方法，将 FlexRay 总线静态段的信号优化调度问题转换成一个具有诸多特殊限制的矩形装箱问题。提出的方法以最小化静态段使用的时隙的目标，以信号的时间限制、FlexRay 协议中相关限制，包括信号打包的限制、单发送时隙复用机制、多发送时隙复用机制等，为约束条件。此外，应用特定领域的知识减少了整数线性规划的搜索空间，大幅度提高了该方法的运行效率。最后，通过大量基于合成信号集及一个真实线控系统信号集的试验，证明了提出的矩形装箱优化方法具有良好的性能。

**结论：**提出了一种解决 FlexRay 总线静态段信号调度问题的矩形装箱优化方法。该方法基于整数线性规划，在满足每个信号时间限制的前提下，实现了静态段带宽消耗的最小化。

**关键词：** FlexRay；实时应用；矩形装箱；优化调度；时隙复用