

# Online Schedulability Analysis for Real-time Mode Change under Global EDF Scheduling

## 面向全局EDF策略的实时模式切换在线可调度性分析

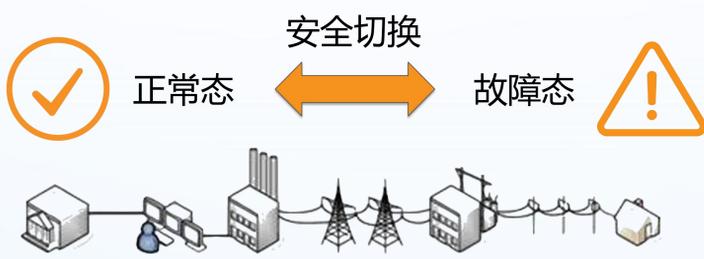
Chang Leng, Ying Qiao, Hongan Wang

联系方式（冷昶，13810465943，lengchang@iscas.ac.cn）

**摘要：**对于拥有多种运行模式的实时信息物理系统（cyber-physical system, CPS）而言，一个重要问题是如何安全地进行系统模式切换。现有研究采用模式切换协议加离线分析的路线以保证这类系统的安全运行。然而，模式切换协议本身难以适应实际CPS的复杂模式切换行为，离线分析方法往往只适用于特定的模式切换协议且仅关注满足实时任务的截止期忽略了模式切换本身的截止期。本文提出了一种新的普适模式切换协议和两种在线可调度性分析算法。前者可以看作许多现有协议的推广，后者基于特殊多处理器存在性问题设计，是新协议下判断系统可调度性的一个全局最优解和一个高效局部最优解。

### 背景

许多有多种运行模式的CPS应用不仅需要保证任务的实时性，还需要保证模式切换本身在给定时间内完成。例如，系统故障时，系统从正常态切换到故障态，如果切换不及时就可能导致故障恶化蔓延。

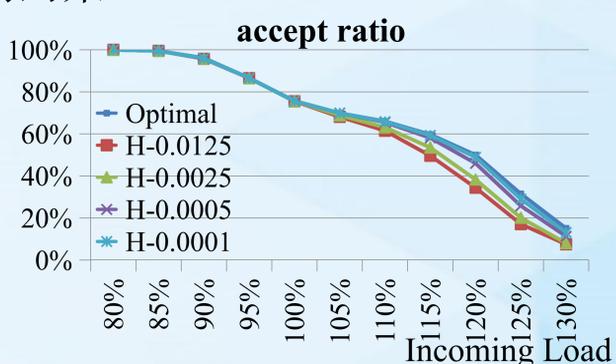


### 研究现状

现有研究都采用模式切换协议与离线分析相结合的技术方案以保证实时CPS模式切换的安全性。模式切换协议被设计成一个详细的规范，描述当一个模式切换请求发生时系统将如何转换其模式。离线可调度性分析则用于保障系统模式切换的安全性。

### 创新点

提出实时CPS模式切换的新问题，即如何在线评估模式切换能否同时满足模式切换本身和实时任务的时间约束。



最优算法及启发式算法的成功率

### 新的模式切换协议

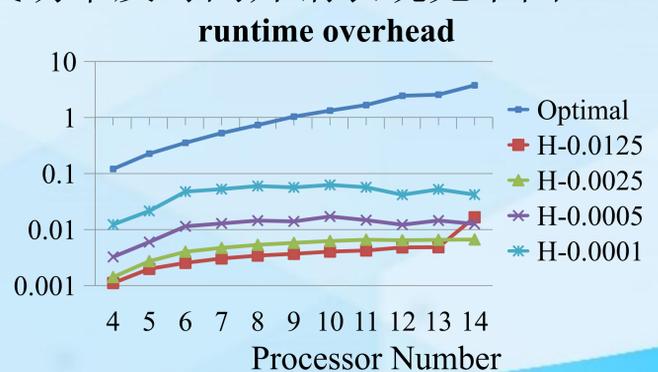
新协议解决了现有协议只适用于特定系统、假设限制过多的问题，具体优势包括：(1)适应模式切换频繁的系统，(2)不限制任务如何就绪。

新协议（第2行）与现有协议比较

协议	初始相位	最小到达间隔
General protocol	$OFF_j^i \geq 0$	0
Andersson	$OFF_j^i \geq d_i^K - t_0 > 0$	$d_{max}^K - t_0$
Ahmed	$OFF_j^i \geq \delta_{KL} > 0$	$d_{max}^K - t_0$
Lee	$OFF_j^i = \begin{cases} 0, & \text{wholly new task} \\ d_i^K - t_0, & > 0, \text{otherwise} \end{cases}$	$d_{max}^K - t_0$
Niz	$OFF_j^i = \begin{cases} 0, & \text{wholly new task} \\ d_i^K - t_0, & > 0, \text{otherwise} \end{cases}$	$d_{max}^K - t_0$
Nélis	$OFF_j^i = D_{max}^K > 0$	$D_{max}^K$

### 在线可调度性分析

基于现有理论将实时模式切换可调度性判定问题转化为特殊多处理器系统(SMP)是否存在的问题。通过将SMP形式化为线性约束问题，提出了可调度性分析算法Optimal，证明了Optimal是SMP的最优解。针对最优解求解时间开销大的不足，基于将多核多处理器实时调度问题转化为最小化调度长度问题的思想，提出了接近最优的高效启发式可调度性分析算法H-x，其中x为平衡性能与时间开销的参数。算法的成功率及时间开销表现见下图。



最优算法及启发式算法的时间开销