

结合协程调度的中断控制器设计与应用

毕业设计开题报告

赵方亮

清华大学计算机科学与技术系

2024 年 1 月 26 日



- ① 课题背景
- ② 研究现状
- ③ 研究内容
- ④ 实施方案
- ⑤ 计划进度
- ⑥ 参考文献

① 课题背景

② 研究现状

③ 研究内容

④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

研究背景

- 构建低时延服务成为重要研究领域
- 单一调度策略无法满足所有负载下的低时延需求
- 中断开销与调度开销大

工作思路

- 将中断处理与任务调度卸载到专用硬件上
- 将外部中断、ecall、UIPI 与任务调度结合

① 课题背景

② 研究现状

调度策略
中断

③ 研究内容

④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

① 课题背景

② 研究现状 调度策略 中断

③ 研究内容

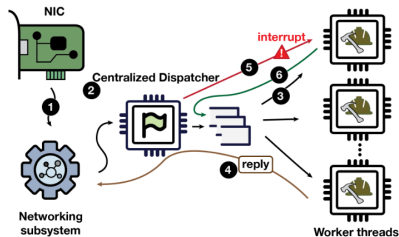
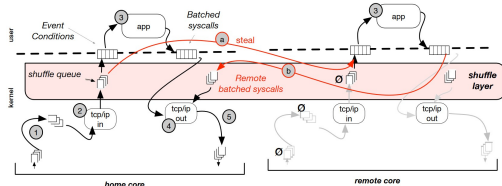
④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

调度策略

1. D-FCFS
2. D-FCFS + Work Stealing
3. C-FCFS
4. C-FCFS + PS



① 课题背景

② 研究现状

调度策略
中断

③ 研究内容

④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

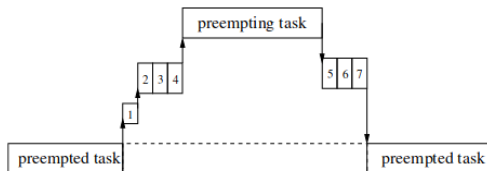
中断

用途

- 资源控制
- 任务抢占

中断处理

- 软件处理
- 硬件处理



1 课题背景

2 研究现状

3 研究内容

系统架构

基于优先级的协程调度机制

结合中断处理的协程唤醒机制

基于协程调度与中断处理的 IPC 加速机制

4 实施方案

5 计划进度

6 参考文献

1 课题背景

2 研究现状

3 研究内容

系统架构

基于优先级的协程调度机制

结合中断处理的协程唤醒机制

基于协程调度与中断处理的 IPC 加速机制

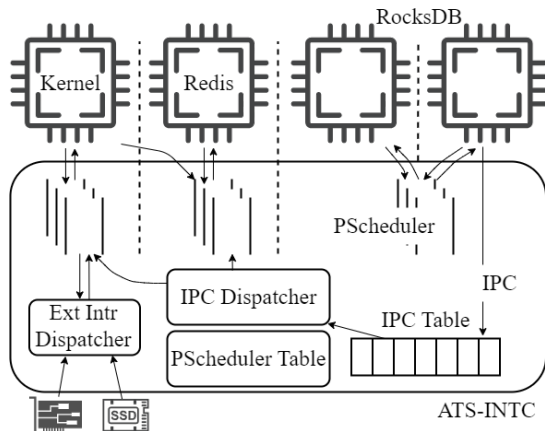
4 实施方案

5 计划进度

6 参考文献

系统架构

- 硬件
- 内核
- 用户程序



1 课题背景

2 研究现状

3 研究内容

系统架构

基于优先级的协程调度机制

结合中断处理的协程唤醒机制

基于协程调度与中断处理的 IPC 加速机制

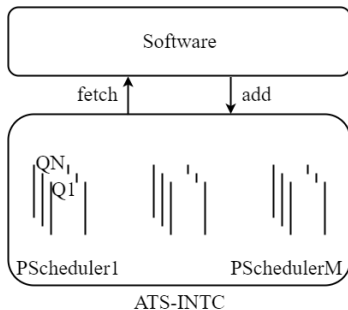
4 实施方案

5 计划进度

6 参考文献

基于优先级的协程调度机制

- 硬件维护优先级队列
- 内核通过硬件接口感知用户态协程
- 协作式调度 + 优先级



```
#[repr(C)]
pub struct Task {
    pub cid: u32,
    pub priority: AtomicU32,
    pub ctype: TaskType,
    pub fut: AtomicCell<Pin<Box<dyn Future<Output=usize> + 'static + Send + Sync>>>,
}
```

1 课题背景

2 研究现状

3 研究内容

系统架构

基于优先级的协程调度机制

结合中断处理的协程唤醒机制

基于协程调度与中断处理的 IPC 加速机制

4 实施方案

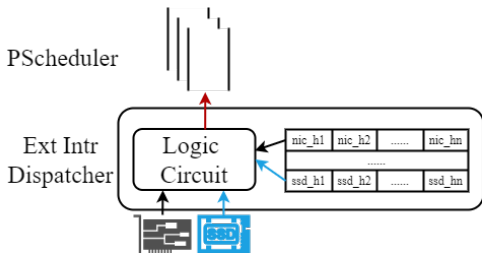
5 计划进度

6 参考文献

结合中断处理的协程唤醒机制

硬件处理中断

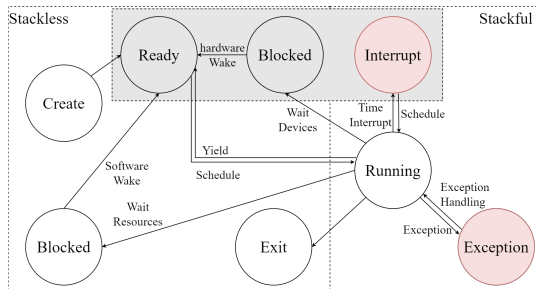
- 外设中断
- 阻塞队列
- 优先级调度器



协程状态模型

软硬件结合维护协程状态

- 就绪
- 阻塞：硬件、软件
- 运行
- 挂起：时钟中断、异常



1 课题背景

2 研究现状

3 研究内容

系统架构

基于优先级的协程调度机制

结合中断处理的协程唤醒机制

基于协程调度与中断处理的 IPC 加速机制

4 实施方案

5 计划进度

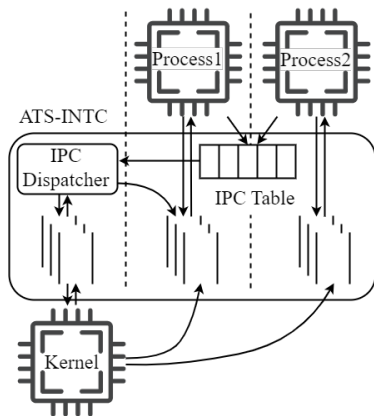
6 参考文献

IPC 加速机制

基于协程调度与中断处理，优化 IPC 性能

- 系统调用优化
- 基于 UIPI 的 IPC 优化

process info pointer	related user task_ref	ipc type	arguments	ipc res
----------------------	-----------------------	----------	-----------	---------



① 课题背景

② 研究现状

③ 研究内容

④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

实施方案

QEMU 模拟环境

在 QEMU 模拟器中，添加自定义中断控制器，处理中断以及任务调度，搭建原型系统，验证方案可行性

FPGA 实现

基于 Rocket-chip 进行修改，添加自定义中断控制器，搭建原型系统，优化上层软件，完成各项性能指标测试

① 课题背景

② 研究现状

③ 研究内容

④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

时间	内容	成果
2024.01	开题工作	
2024.03	QEMU, 外部中断处理、协程调度	
2024.05	FPGA, 外部中断处理、协程调度	异步驱动论文
2024.06	QEMU, 系统调用优化	
2024.08	FPGA, 系统调用优化	系统调用论文
2024.09	QEMU, 基于 UIPI 的 IPC 优化	
2024.11	FPGA, 基于 UIPI 的 IPC 优化	IPC 论文
2025.01	完成学位论文写作	
2025.06	最终答辩	

① 课题背景

② 研究现状

③ 研究内容

④ 实施方案

⑤ 计划进度

⑥ 参考文献

参考文献

低时延服务

- IX
- ZygOS
- Shenango
- Shinjuku
- Concord
- Demikernel

系统调用优化

- FlexSC
- Userspace Bypass
- PrivBox
- Cassyopia

IPC 优化

- x86 User Interrupt

Thanks!