尝试用RUST写教学操作系统

向勇、陈渝
清华大学计算机系

20181123

背景

- 用什么语言写操作系统？
  - 汇编
  - C
  - C++
  - GO
  - RUST
  - …

多选题 1分

设置

此题未设答案

各位老师所教的课程信息统计

A 计算机组成原理

B 编译原理

C 操作系统

D 其他

提交

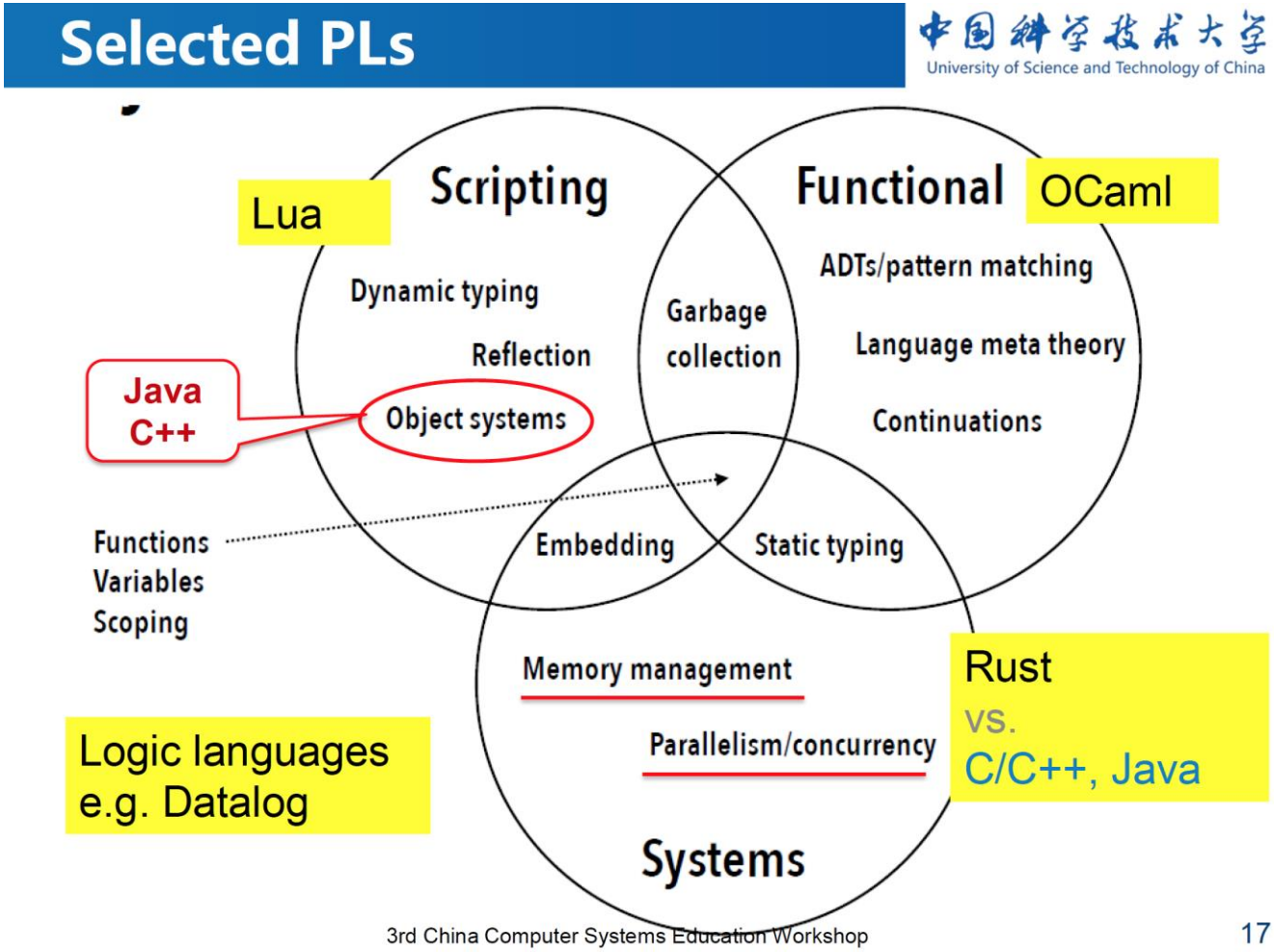
面临的问题

- 教学的要求
  - 简洁
    - 实验环境：Nachos、XV6、ucore
    - CPU：X86、MIPS、ARM、RISC-V
    - 语言：汇编、C、…
  - 真实
    - QEMU、开发板、真实系统
  - 开放
    - 树莓派、Edison、FPGA

已有的尝试

- 用C语言写OS
  - MIT 6.828
  - Harvard cs161
  - Stanford cs140/140e
  - Univ. of Wisc. CS-537
- MIT：用GO写OS
  - https://github.com/mit-pdos/biscuit/
- Standford：用rust写OS
  - https://web.stanford.edu/class/cs140e/

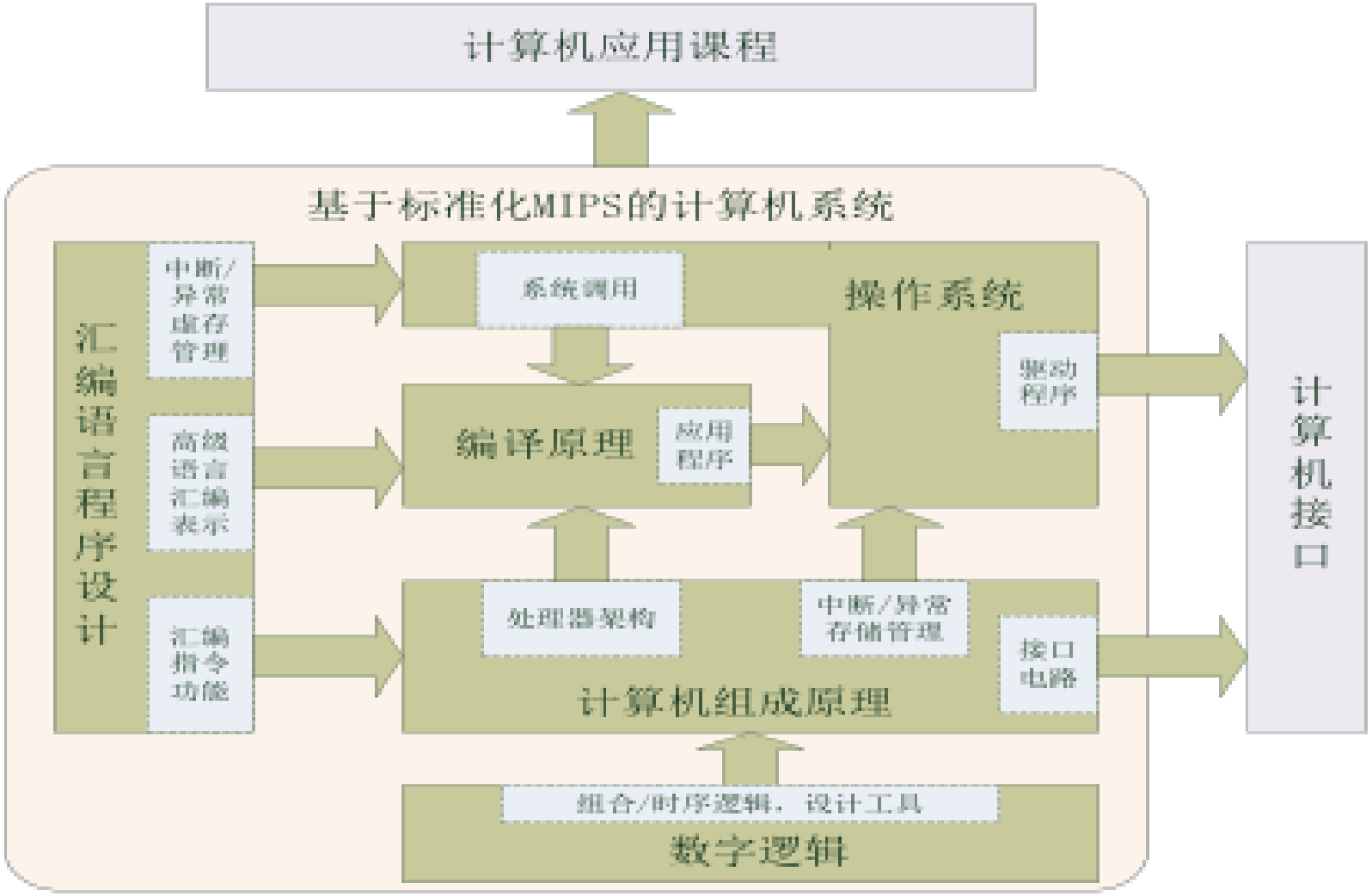
内核开发需要的程序设计语言



Yu Zhang, Foundation of PLs, CSEW'18· Beijing

我们的尝试-教学操作系统ucore

我们的尝试-系统类课程的协调



用RUST写操作系统：2018年春季操作系统课

序号	选题方向	大实验题目	小组成员列表（姓名和学号）
2	op-cpu	轻量OS在“小脚丫”FPGA开发板上的实现	张天扬 2015011306 王延森 2015011285 戴臻旸 2015011296
11	rust	Rust OS for x86_64 SMP	王润基 2015011279 朱书聪 2015011322
13	rust	Rustable - ucore 在 arm 平台的 rust 移植	乔逸凡 2015013188 谭咏霖 2015011491
14	GUI	ucore with GUI	贾越凯 2015011335
15	rust	Rucore with LKM Drivers	乔一凡 2015011398 杨国炜2015011320

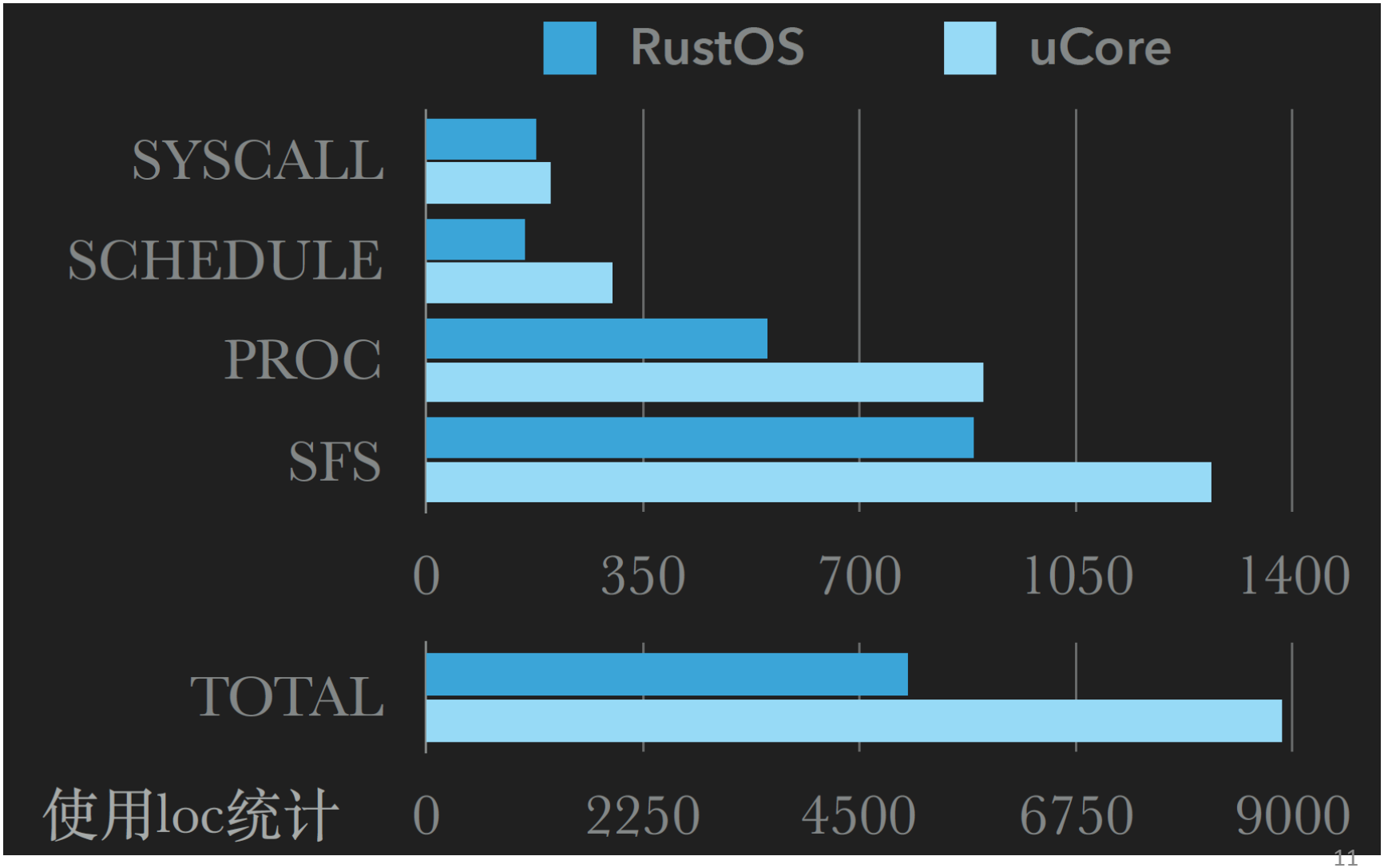
http://os.cs.tsinghua.edu.cn/oscourse/OS2018spring/projects#A.2Bi.2F56C4u.2Bi6FbnpqMkAli6Q-

用RUST写操作系统：2018年秋季操作系统专题训练课

序号	大实验题目	小组成员列表（姓名和学号）
2	Rust OS 上树莓派 USB 与 VideoCore IV 显卡驱动的移植	贾越凯 2015011335 寇明阳 2015011318 孔彦 2015011349
3	Rust OS 多核移植与基于PARD框架的线程级Label管理	王纪霆 2015011251
4	Rust OS wiki完善与教学lab实验的制作	陈秋昊 2015011283 刘辰屹 2015011277 朱书聪 2015011322
5	Rust OS 参考sv6的多核实现和优化	王润基 2015011279
6	Rust OS 移植到 rv64 及llvm编译器支持	戴臻暘 2015011296
7	Rust OS 树莓派网络及声卡支持	霍江浩 2015010611 吴昆 2015010625 范书沛 2015011202

http://os.cs.tsinghua.edu.cn/oscourse/OsTrain2018#rustos.2BUp.2BA.2FVuMVYRUjHn7aQ1bnpqMkAli6Q-

效果比较-代码量统计



使用loc统计

Rust的语言特征

- 类型推断->现代语言标配
- 面向对象特性->OO风格开发内核是符合思维习惯的
- 通过泛型实现高效多态
- 匿名函数->一部分的函数式特性
- 比C/C++ 更好的代码管理, 重用: cargo 和 crate
- 干净宏->简化静态分析

RUST的安全哲学

- 尝试把系统正确性证明整合到语言言本身当中
- Rust有严格的安全约束，也可以把编译时约束转移到运行时（例如Mutex，RefCell），也允许程序员显式地指出不安全（unsafe块），并使用安全封装和管理不安全
- unsafe块是一个精妙的设计，在你想偷懒破坏安全性时给你带来小小的骚扰

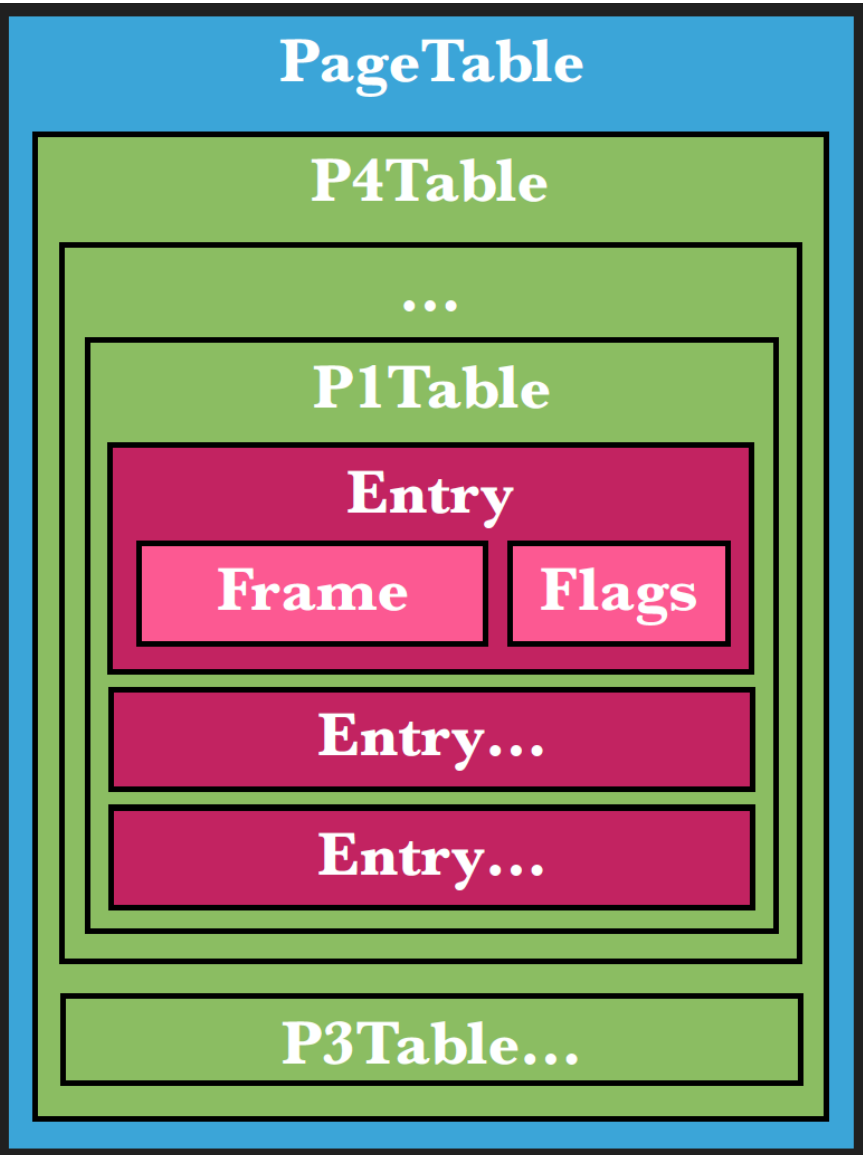
Rust的安全特征

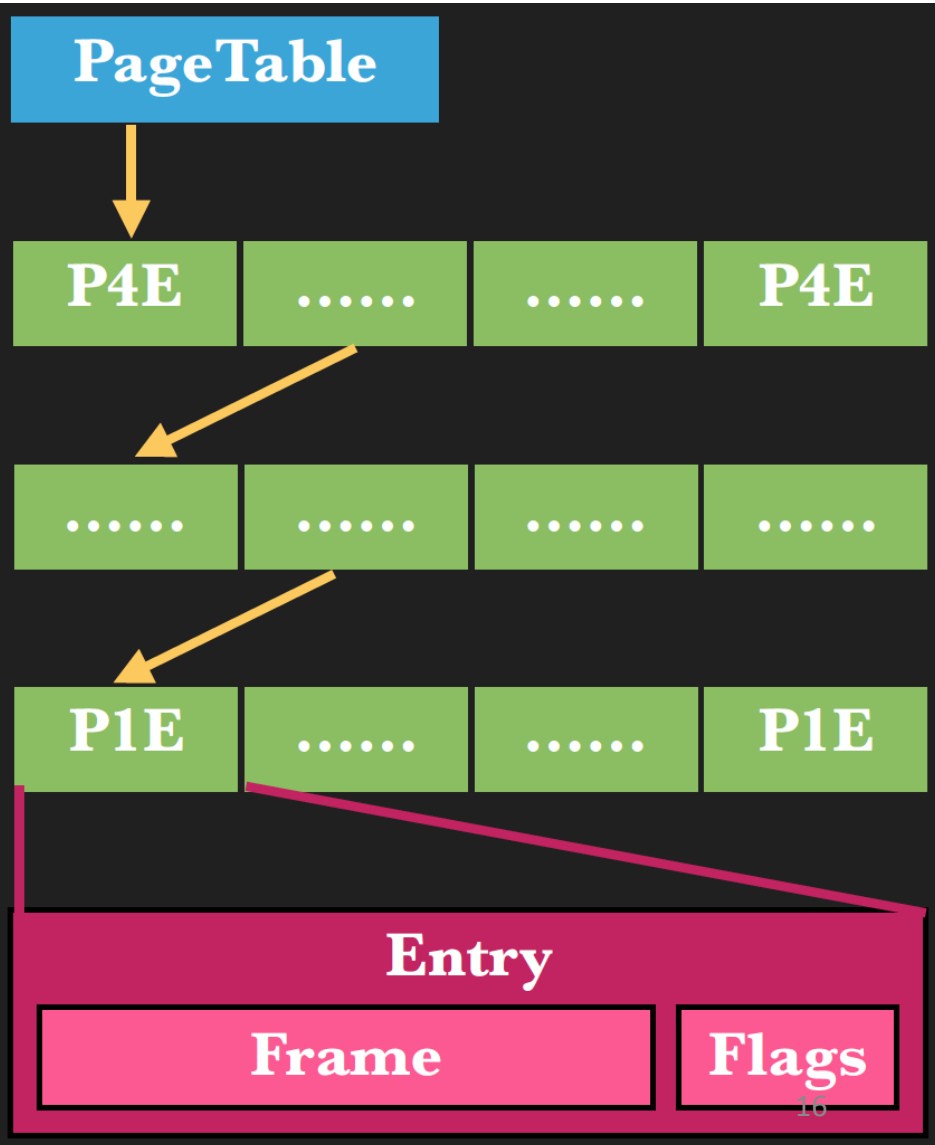
- 类型安全: 远离void* 保安全. 远离隐式cast
- 内存安全: 编译器自动推断变量的生命周期, 自动插入free,防止程序员忘记写free. (原则上) 不会有null-pointer-dereference, double free, use-after-free 等内存问题. rust 有runtime 检查ownership / buffer overflow -> 缓冲区溢出不会导致system compromise
- 并发安全: 对于全局变量, 它自带一个锁. 访问全局变量的过程必须取得锁 -> C里面全局变量和锁时分离的, 时常会忘记加锁,当锁离开作用域时自动释放, 防止造成死锁
- Rust 提供了unsafe 这种块能够做不安全但必须的事情如指针算术. 但不安全的代码越少越好

RUST的运行时约束：所有权机制和资源管理

- RefCell<T>
  - borrow()
  - borrow_mut()
- Mutex<T>
  - lock()
- Dirty<T>
  - borrow()
  - borrow_mut()
- Rc<T>
  - clone()
  - drop()

PageTable in Rust vs C





Pros

- 线程安全：Mutex
- 所有权：
  - 无需 free
  - 变量值安全
- 智能指针
  - Box
  - Rc

Cons

- 学习曲线陡峭
- 与编译器作斗争
  - 所有权
  - 生命周期
- 大量 unsafe
  - 野指针访问
  - mut static

RUST对Linux安全漏洞的安全性增强(1)

有人分析 Linux 的安全漏洞，将它们大致分为 10 类 [1]，下面大致地分析，中间一列两个 + 表示是直接被 Rust 语言完全解决，一个 + 表示可以通过编程风格/框架的约束解决

.

bug 类型	是否解决	备注
未检查用户态传入的指针/下标	+	定义安全/不安全类型
未检查权限	+	使用函数式操作，并且执行操作前先取得 token 检查
缓冲溢出	++	
整数溢出	+	可以设置 runtime 溢出就发生 panic

[1] Linux kernel vulnerabilities: State-of-the-art defenses and open problems, Haogang Chen et al., APSys '11

RUST对Linux安全漏洞的安全性增强(2)

bug 类型	是否解决	备注
不再使用的内核内存中包含敏感信息	+	页框的析构函数中加上清零
空指针解引用	++	
除以 0		
死循环		一般是高层语义出了问题，不能光靠 Rust 解决
内存管理问题，如 double free, use after free	++	不考虑内存泄漏的话…实际上 Rust 的自动 free 导致内存泄漏也比 C 要难出现

简单结论

安全语言和好的编程范式/框架/…能够减少很多非语义 bug. 不过光靠 Rust 还不太够.

正在进行的工作

- 形成一组基于RustOS的操作系统课实验

https://rucore.gitbook.io/rust-os-docs/bootloader

后续工作

- 适合操作系统开发的语言剪裁
  - 汇编
  - C
  - Rust
  - …
  - 什么是适合内核开发的语言特征？

主观题 10分

设置

您认为系统软件教学应该选择什么程序设计语言？

正常使用主观题需2.0以上版本雨课堂

作答

讨论时间