به نام خدا

آزمایشگاه سیستم‌عامل

پروژه دوم: فراخوانی سیستمی

KERNEL SPACE

USER SPACE

اهداف پروژه

- آشنایی با علت نیاز به فراخوانی سیستمی
- آشنایی با سازوکار و چگونگی صدا زده شدن فراخوانی‌های سیستمی[1] در هسته 6xv
- آشنایی با افزودن فراخوانی‌های سیستمی در هسته 6xv
- آشنایی با نحوه ذخیره‌سازی پردازه‌ها و ساختارداده‌های مربوط به آن

مقدمه

هر برنامه در حال اجرا یک پردازه[2] نام دارد. به این ترتیب یک سیستم رایانه‌ای ممکن است در آنِ واحد، چندین پردازه در انتظار سرویس داشته باشد. هنگامی که یک پردازه در سیستم در حال اجرا است، پردازنده روال معمول پردازش را طی می‌کند: خواندن یک دستور، افزودن مقدار

[1] System Call
[2] Process

شمارنده برنامه[3] به میزان یک واحد، اجرای دستور و نهایتاً تکرار حلقه. در یک سیستم رویدادهایی وجود دارند که باعث می‌شوند به جای اجرای دستور بعدی، کنترل از سطح کاربر به سطح هسته منتقل شود. به عبارت دیگر، هسته کنترل را در دست گرفته و به برنامه‌های سطح کاربر سرویس می‌دهد:[4]

۱) ممکن است داده‌ای از دیسک دریافت شده باشد و به دلایلی لازم باشد بلافاصله آن داده از ثبات مربوطه در دیسک به حافظه منتقل گردد. انتقال جریان کنترل در این حالت، ناشی از وقفه[5] خواهد بود. وقفه به طور غیرهمگام با کد در حال اجرا رخ می‌دهد.

۲) ممکن است یک استثنا[6] مانند تقسیم بر صفر رخ دهد. در این‌جا برنامه دارای یک دستور تقسیم بوده که عملوند مخرج آن مقدار صفر داشته و اجرای آن کنترل را به هسته می‌دهد.

۳) ممکن است برنامه نیاز به عملیات ممتاز داشته باشد. عملیاتی مانند دسترسی به اجزای سخت‌افزاری یا حالت ممتاز سیستم (مانند محتوای ثبات‌های کنترلی) که تنها هسته اجازه دسترسی به آن‌ها را دارد. در این شرایط برنامه اقدام به فراخوانی فراخوانی سیستمی می‌کند. طراحی سیستم‌عامل باید به گونه‌ای باشد که مواردی از قبیل ذخیره‌سازی اطلاعات پردازه و بازیابی اطلاعات رویدادِ به وقوع پیوسته مثل آرگومان‌ها را به صورت ایزوله‌شده از سطح کاربر انجام دهد. در این پروژه، تمرکز بر روی فراخوانی سیستمی است.

در اکثریت قریب به اتفاق موارد، فراخوانی‌های سیستمی به طور غیرمستقیم و توسط توابع کتابخانه‌ای پوشاننده[7] مانند توابع موجود در کتابخانه استاندارد C در لینوکس یعنی glibc صورت می‌پذیرد.[8] به این ترتیب قابلیت‌حمل[9] برنامه‌های سطح کاربر افزایش می‌یابد. زیرا به عنوان مثال چنان‌چه در ادامه مشاهده خواهد شد، فراخوانی‌های سیستمی با شماره‌هایی مشخص می‌شوند که در معماری‌های مختلف، متفاوت است. توابع پوشاننده کتابخانه‌ای، این وابستگی‌ها را مدیریت می‌کنند. توابع پوشاننده 6xv در فایل usys.S توسط ماکروی SYSCALL تعریف شده‌اند.

---

[3] Program Counter

[4] در xv6 به تمامی این موارد trap گفته می‌شود. در حالی که در حقیقت در x86 نام‌های متفاوتی برای این گذارها به کار می‌رود.

[5] Interrupt

[6] Exception

[7] Wrapper

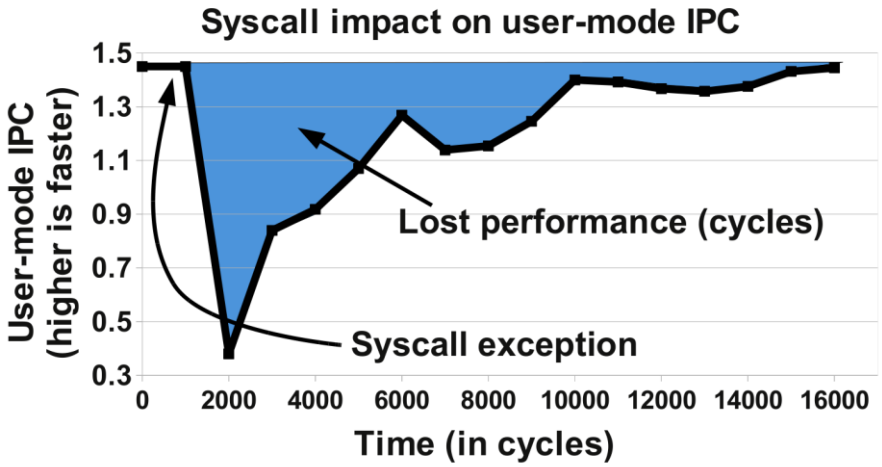
[8] در glibc، توابع پوشاننده غالباً دقیقاً نام و پارامترهایی مشابه فراخوانی‌های سیستمی دارند.

[9] Portability

۱) کتابخانه‌های (قاعدتاً سطح کاربر، منظور فایل‌های تشکیل‌دهنده متغیر ULIB در Makefile است) استفاده شده در 6xv را از منظر استفاده از فراخوانی‌های سیستمی و علت این استفاده بررسی نمایید.

تعداد فراخوانی‌های سیستمی، وابسته به سیستم‌عامل و حتی معماری پردازنده است. به عنوان مثال در لینوکس، فری‌بی‌اس‌دی[10] و ویندوز ۷ به ترتیب حدود ۳۰۰، ۵۰۰ و ۷۰۰ فراخوانی سیستمی وجود داشته که بسته به معماری پردازنده اندکی متفاوت خواهد بود [1]. در حالی که 6xv تنها ۲۱ فراخوانی سیستمی دارد.

فراخوانی سیستمی سربارهایی دارد: ۱) سربار مستقیم که ناشی از تغییر مد اجرایی و انتقال به مد ممتاز بوده و ۲) سربار غیرمستقیم که ناشی از آلودگی ساختارهای پردازنده شامل انواع حافظه‌های نهان[11] و خط لوله[12] می‌باشد. به عنوان مثال، در یک فراخوانی سیستمی()write در لینوکس تا $\frac{۲}{۳}$ حافظه نهان سطح یک داده خالی خواهد شد [2]. به این ترتیب ممکن است کارایی به نصف کاهش یابد. غالباً عامل اصلی، سربار غیرمستقیم است. تعداد دستورالعمل اجرا شده به ازای هر سیکل(IPC[13]) هنگام اجرای یک فراخوانی سیستمی در بار کاری SPEC CPU 2006 روی پردازنده Core i7 اینتل در نمودار زیر نشان داده شده است [2].



مشاهده می‌شود که در لحظه‌ای IPC به کمتر از ۰٫۴ رسیده است. روش‌های مختلفی برای فراخوانی سیستمی در پردازنده‌های 86x استفاده می‌گردد. روش قدیمی که در 6xv به کار می‌رود

[10] FreeBSD
[11] Caches
[12] Pipeline
[13] Instruction per Cycle

استفاده از دستور اسمبلی int است. مشکل اساسی این روش، سربار مستقیم آن است. در پردازنده‌های مدرن‌تر 86x دستورهای اسمبلی جدیدی با سربار انتقال کمتر مانند sysenter/sysexit ارائه شده است. در لینوکس، glibc در صورت پشتیبانی پردازنده، از این دستورها استفاده می‌کند. برخی فراخوانی‌های سیستمی (مانند()gettimeofday در لینوکس) فرکانس دسترسی بالا و پردازش کمی در هسته دارند. لذا سربار مستقیم آن‌ها بر برنامه زیاد خواهد بود. در این موارد می‌توان از روش‌های دیگری مانند اشیای مجازی پویای مشترک[14] (vDSO) در لینوکس بهره برد. به این ترتیب که هسته، پیاده‌سازی فراخوانی‌های سیستمی را در فضای آدرس سطح کاربر نگاشت داده و تغییر مد به مد هسته صورت نمی‌پذیرد. این دسترسی نیز به طور غیرمستقیم و توسط کتابخانه glibc صورت می‌پذیرد. در ادامه سازوکار اجرای فراخوانی سیستمی در 6xv مرور خواهد شد.

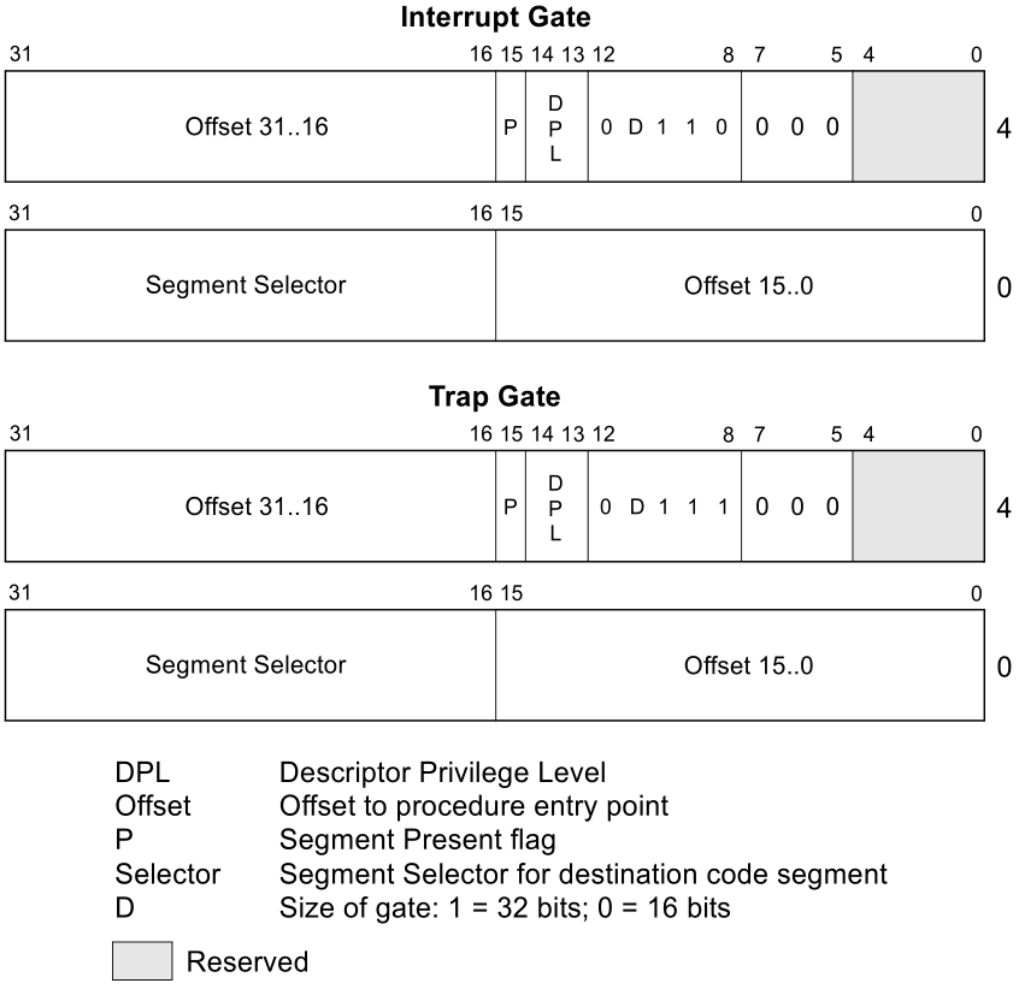
۲) دقت شود فراخوانی‌های سیستمی تنها روش دسترسی سطح کاربر به هسته نیست. انواع این روش‌ها را در لینوکس به اختصار توضیح دهید. می‌توانید از مرجع [3] کمک بگیرید.

سازوکار اجرای فراخوانی سیستمی در 6xv

بخش سخت‌افزاری و اسمبلی

جهت فراخوانی سیستمی در 6xv از روش قدیمی پردازنده‌های 86x استفاده می‌شود. در این روش، دسترسی به کد دارای سطح دسترسی ممتاز (در این‌جا کد هسته) مبتنی بر مجموعه توصیف‌گرهایی موسوم به Gate Descriptor است. چهار نوع Gate Descriptor وجود دارد که 6xv تنها از Trap Gate و Interrupt Gate استفاده می‌کند. ساختار این Gateها در شکل زیر نشان داده شده است [4].

[14] Virtual Dynamic Shared Objects



این ساختارها در 6xv در قالب یک ساختار هشت بایتی موسوم به struct gatedesc تعریف شده‌اند (خط ۸۵۵). به ازای هر انتقال به هسته (فراخوانی سیستمی و هر یک از انواع وقفه‌های سخت‌افزاری و استثناها) یک Gate در حافظه تعریف شده و یک شماره تله[15] نسبت داده می‌شود. این Gateها توسط تابع tvinit() در حین بوت (خط ۱۲۲۹) مقداردهی می‌گردند. Interrupt Gate اجازه وقوع وقفه در پردازنده حین کنترل وقفه را نمی‌دهد. در حالی که Trap Gate این‌گونه نیست. لذا برای فراخوانی سیستمی از Trap Gate استفاده می‌شود تا وقفه که اولویت بیشتری دارد، همواره قابل سرویس‌دهی باشد (خط ۳۳۷۳). عملکرد Gateها را می‌توان با بررسی پارامترهای ماکروی مقداردهنده به Gate مربوط به فراخوانی سیستمی بررسی نمود:

پارامتر ۱: T_SYSCALL[idt] محتوای Gate مربوط به فراخوانی سیستمی را نگه می‌دارد. آرایه idt (خط۳۳۶۱) بر اساس شماره تله‌ها اندیس‌گذاری شده است. پارامترهای بعدی، هر یک بخشی از T_SYSCALL[idt] را پر می‌کنند.

[15] Trap Number

پارامتر ۲: تعیین نوع Gate که در این‌جا Trap Gate بوده و لذا مقدار یک دارد.
پارامتر ۳: نوع قطعه کدی که بلافاصله پس از اتمام عملیات تغییر مد پردازنده اجرا می‌گردد. کد کنترل‌کننده فراخوانی سیستمی در مد هسته اجرا خواهد شد. لذا مقدار 3>>SEG_KCODE به ماکرو ارسال شده است.
پارامتر ۴: محل دقیق کد در هسته که vectors[T_SYSCALL] است. این نیز بر اساس شماره تله‌ها شاخص‌گذاری شده است.
پارامتر ۵: سطح دسترسی مجاز برای اجرای این تله. DPL_USER است. زیرا فراخوانی سیستمی توسط (قطعه) کد سطح کاربر فراخوانی می‌گردد.

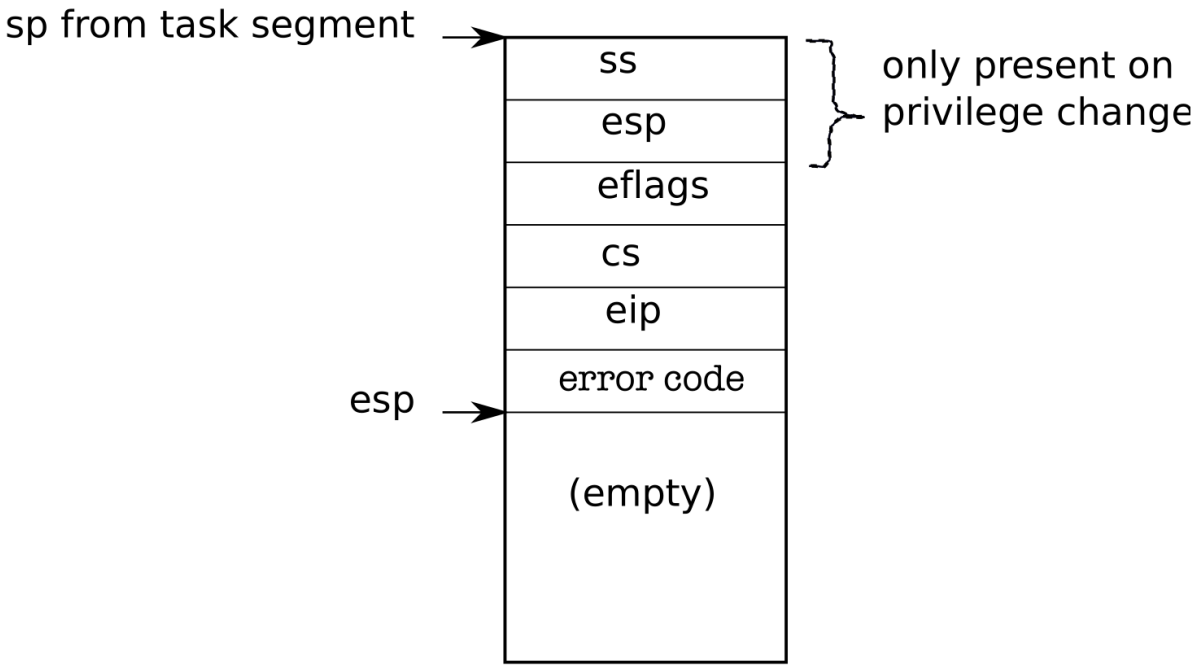
۳) آیا باقی تله‌ها را نمی‌توان با سطح دسترسی DPL_USER فعال نمود؟ چرا؟

به این ترتیب برای تمامی تله‌ها idt مربوطه ایجاد می‌گردد. به عبارت دیگر پس از اجرای()tvinit آرایه idt به طور کامل مقداردهی شده است. حال باید هر هسته پردازنده بتواند از اطلاعات idt استفاده کند تا بداند هنگام اجرای هر تله چه کد مدیریتی باید اجرا شود. بدین منظور تابع()idtinit در انتهای راه‌اندازی اولیه هر هسته پردازنده، اجرا شده و اشاره‌گر به جدول idt را در ثبات مربوطه در هر هسته بارگذاری می‌نماید. از این به بعد امکان سرویس‌دهی به تله‌ها فراهم است. یعنی پردازنده می‌داند برای هر تله چه کدی را فراخوانی کند.

یکی از راه‌های فعال‌سازی هر تله استفاده از دستور int <trap no> می‌باشد. لذا با توجه به این که شماره تله فراخوانی سیستمی ۶۴ است (خط ۳۲۲۶)، کافی است برنامه، جهت فراخوانی فراخوانی سیستمی دستور int 64 را فراخوانی کند. int یک دستورالعمل پیچیده در پردازنده 86x (یک پردازنده CISC) است. ابتدا باید وضعیت پردازه در حال اجرا ذخیره شود تا بتوان پس از فراخوانی سیستمی وضعیت را در سطح کاربر بازیابی نمود. اگر تله ناشی از خطا باشد (مانند خطای نقص صفحه[16] که در فصل مدیریت حافظه معرفی می‌گردد)، کد خطا نیز در انتها روی پشته قرار داده می‌شود. حالت پشته (سطح هسته[17]) پس از اتمام عملیات سخت‌افزاری مربوط به دستور int (مستقل از نوع تله با فرض Push شدن کد خطا توسط پردازنده) در شکل زیر نشان داده شده است. دقت شود مقدار esp با Push کردن کاهش می‌یابد.

[16] Page Fault

[17] دقت شود با توجه به اینکه قرار است تله در هسته مدیریت گردد، پشته سطح هسته نیاز است. این پشته پیش از اجرای هر برنامه سطح کاربر، توسط تابع switchuvm() برای اجرا هنگام وقوع تله در آن برنامه آماده می‌گردد.



۴) در صورت تغییر سطح دسترسی، ss و esp روی پشته Push می‌شود. در غیراینصورت Push نمی‌شود. چرا؟

در آخرین گامِ int، بردار تله یا همان کد کنترل‌کننده مربوط به فراخوانی سیستمی اجرا می‌گردد که در شکل زیر نشان داده esp ⟶ شده است.

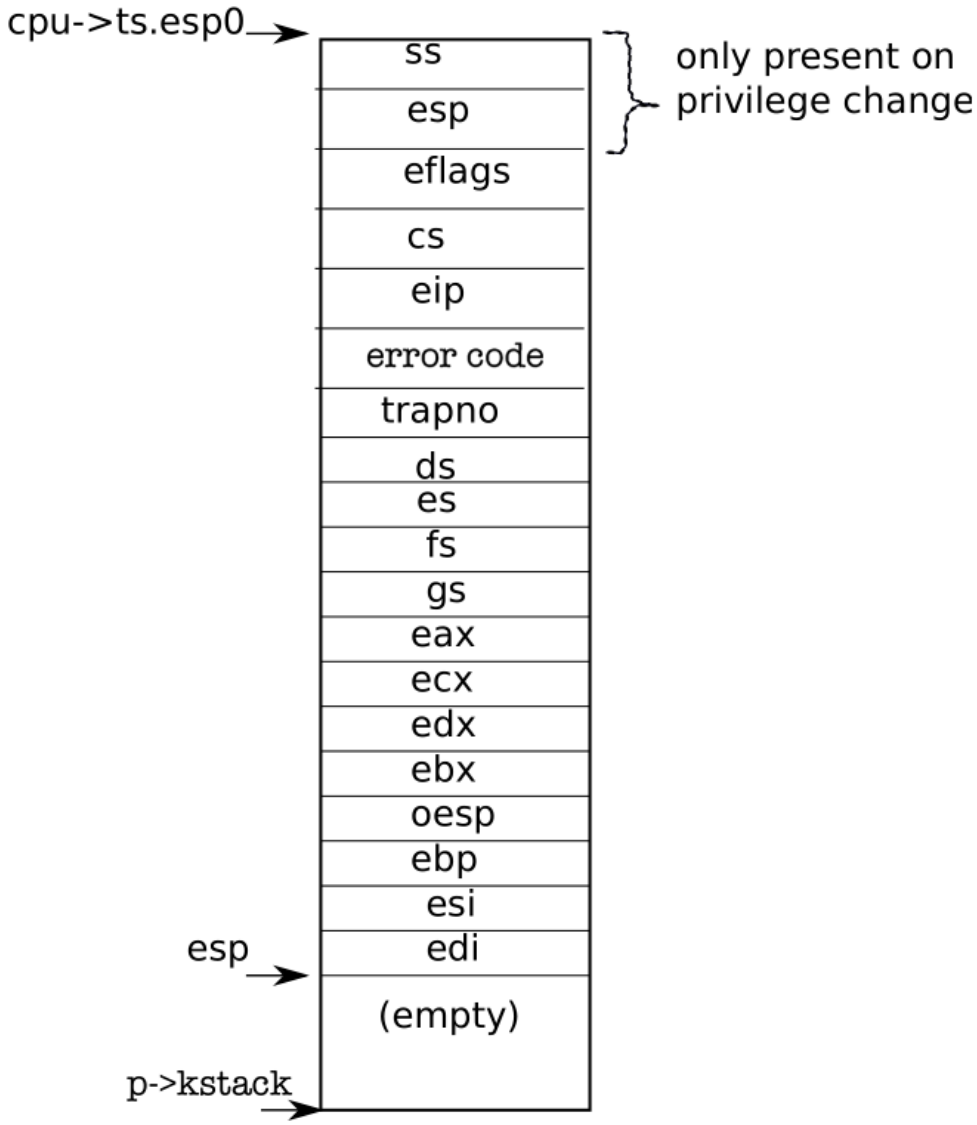
```
.globl vector64
vector64:
    pushl $0
    pushl $64
    jmp alltraps
```

در این‌جا ابتدا یک کد خطای بی‌اثر صفر و سپس شماره تله روی پشته قرار داده شده است. در انتها اجرا از کد اسمبلی alltraps ادامه می‌یابد. حالت پشته، پیش از اجرای کد alltraps در شکل زیر نشان داده شده است.

Ss
Esp
eflags

Cs
Eip
error code
trapno
(empty)

alltraps باقی ثبات‌ها را Push می‌کند. به این ترتیب تمامی وضعیت برنامه سطح کاربر پیش از فراخوانی سیستمی ذخیره شده و قابل بازیابی است. شماره فراخوانی سیستمی و پارامترهای آن نیز در این وضعیت ذخیره شده، حضور دارند. این اطلاعات موجود در پشته، همان قاب تله هستند که در پروژه قبل مشابه آن برای برنامه initcode.S ساخته شده بود. حال اشاره‌گر به بالای پشته (esp) که در این‌جا اشاره‌گر به قاب تله است روی پشته قرار داده شده (خط ۳۳۱۸) و تابع trap() فراخوانی می‌شود. این معادل اسمبلی این است که اشاره‌گر به قاب تله به عنوان پارامتر به trap() ارسال شود. حالت پشته پیش از اجرای trap() در شکل زیر نشان داده شده است.



بخش سطح بالا و کنترل‌کننده زبان سی تله

تابع trap() ابتدا نوع تله را با بررسی مقدار شماره تله چک می‌کند (خط ۳۴۰۳). با توجه به این که فراخوانی سیستمی رخ داده است تابعsyscall() اجرا می‌شود. پیش‌تر ذکر شد فراخوانی‌های سیستمی، متنوع بوده و هر یک دارای شماره‌ای منحصربه‌فرد است. این شماره‌ها در فایل syscall.h به فراخوانی‌های سیستمی نگاشت داده شده‌اند (خط ۳۵۰۰). تابعsyscall() ابتدا وجود فراخوانی سیستمی فراخوانی شده را بررسی نموده و در صورت وجود پیاده‌سازی، آن را از جدول فراخوانی‌های سیستمی اجرا می‌کند. جدول فراخوانی‌های سیستمی، آرایه‌ای از اشاره‌گرها به توابع است که در فایل syscall.c قرار دارد (خط ۳۶۷۲). هر کدام از فراخوانی‌های سیستمی، خود، وظیفه دریافت پارامتر را دارند. ابتدا مختصری راجع به فراخوانی توابع در سطح زبان اسمبلی توضیح داده خواهد شد. فراخوانی توابع در کد اسمبلی شامل دو بخش زیر است:

(گام ۱) ایجاد لیستی از پارامترها بر روی پشته. دقت شود پشته از آدرس بزرگتر به آدرس کوچکتر پر می‌شود.

ترتیب Push شدن روی پشته: ابتدا پارامتر آخر، سپس پارامتر یکی مانده به آخر و در نهایت پارامتر نخست.

مثلاً برای تابع f (a,b,c) کد اسمبلی کامپایل شده منجر به چنین وضعیتی در پشته سطح کاربر می‌شود:

esp+8	C
esp+4	B
esp	A

(گام ۲) فراخوانی دستور اسمبلی معادل call که منجر به Push شدن محتوای کنونی اشاره‌گر دستورالعمل (eip) بر روی پشته می‌گردد. محتوای کنونی مربوط به اولین دستورالعمل بعد از تابع فراخوانی‌شده است. به این ترتیب پس از اتمام اجرای تابع، آدرس دستورالعمل بعدی که باید اجرا شود روی پشته موجود خواهد بود.

مثلاً برای فراخوانی تابع قبلی پس از اجرای دستورالعمل معادل call وضعیت پشته به صورت زیر خواهد بود:

esp+12	c
esp+8	b
esp+4	a
esp	Ret Addr

در داخل تابع f() نیز می‌توان با استفاده از اشاره‌گر ابتدای پشته به پارامترها دسترسی داشت. مثلاً برای دسترسی به b می‌توان از esp+8 استفاده نمود. البته این‌ها تنها تا زمانی معتبر خواهند بود که تابعf() تغییری در محتوای پشته ایجاد نکرده باشد.

در فراخوانی سیستمی در 6xv نیز به همین ترتیب پیش از فراخوانی سیستمی پارامترها روی پشته سطح کاربر قرار داده شده‌اند. به عنوان مثال چنان‌چه در پروژه یک آزمایشگاه دیده شد، برای فراخوانی سیستمی()sys_exec دو پارامتر $argv و $init و آدرس برگشتی صفر به ترتیب روی پشته قرار داده شدند (خطوط ۸۴۱۰ تا ۸۴۱۲). سپس شماره فراخوانی سیستمی که در SYS_exec قرار دارد در ثبات eax نوشته شده و int $T_SYSCALL جهت اجرای تله

فراخوانی سیستمی اجرا شد.()sys_exec می‌تواند مشابه آن‌چه در مورد تابع f() ذکر شد به پارامترهای فراخوانی سیستمی دسترسی پیدا کند. به این منظور در 6xv توابعی مانند()argint و()argptr ارائه شده است. پس از دسترسی فراخوانی سیستمی به پارامترهای مورد نظر، امکان اجرای آن فراهم می‌گردد.

۵) در مورد توابع دسترسی به پارامترهای فراخوانی سیستمی به طور مختصر توضیح دهید. چرا در()argptr بازه آدرس‌ها بررسی میگردد؟ تجاوز از بازه معتبر، چه مشکل امنیتی ایجاد می‌کند؟ در صورت عدم بررسی بازه‌ها در این تابع، مثالی بزنید که در آن، فراخوانی سیستمی()sys_read اجرای سیستم را با مشکل روبرو سازد.

شیوه فراخوانی فراخوانی‌های سیستمی جزئی از واسط باینری برنامه‌های کاربردی[18](ABI)) یک سیستم‌عامل روی یک معماری پردازنده است. به عنوان مثال در سیستم‌عامل لینوکس در معماری 86x، پارامترهای فراخوانی سیستمی به ترتیب در ثبات‌های ebx،ecx ،edx ،esi ، edi و ebp قرار داده می‌شوند.[19] ضمن این که طبق این ABI، نباید مقادیر ثبات‌های ebx،esi ، edi و ebp پس از فراخوانی تغییر کنند. لذا باید مقادیر این ثبات‌ها پیش از فراخوانی فراخوانی سیستمی در مکانی ذخیره شده و پس از اتمام آن بازیابی گردند تا ABI محقق شود. این اطلاعات و شیوه فراخوانی فراخوانی‌های سیستمی را می‌توان در فایل‌های زیر از کد منبع glibc مشاهده نمود.[20]

sysdeps/unix/sysv/linux/i386/syscall.S

sysdeps/unix/sysv/linux/i386/sysdep.h

به این ترتیب در لینوکس برخلاف 6xv پارامترهای فراخوانی سیستمی در ثبات منتقل می‌گردند. یعنی در لینوکس در سطح اسمبلی، ابتدا توابع پوشاننده پارامترها را در پشته منتقل نموده و سپس پیش از فراخوانی فراخوانی سیستمی، این پارامترها ضمن جلوگیری از از دست رفتن محتوای ثبات‌ها، در آن‌ها کپی می‌گردند.

در هنگام تحویل سوالاتی از سازوکار فراخوانی سیستمی پرسیده می‌شود. دقت شود در مقابل ABI، مفهومی تحت عنوان واسط برنامه‌نویسی برنامه کاربردی[21](API)) وجود دارد که شامل

[18] Application Binary Interface

[19] فرض این است که حداکثر شش پارامتر ارسال می‌گردد.

[20] مسیرها مربوط به glibc-2.26 است.

[21] Application Programming Interface

مجموعه‌ای از تعاریف توابع (نه پیاده‌سازی) در سطح زبان برنامه‌نویسی بوده که واسط قابل‌حمل سیستم‌عامل(POSIX[22]) نمونه‌ای از آن است. پشتیبانی توابع کتابخانه‌ای سیستم‌عامل‌ها از این تعاریف، قابلیت‌حمل برنامه‌ها را افزایش می‌دهد.[23] مثلاً امکان کامپایل یک برنامه روی لینوکس و iOS فراهم خواهد شد. جهت آشنایی بیشتر با POSIX و پیاده‌سازی آن در سیستم‌عامل‌های لینوکس، اندروید و iOS می‌توان به مرجع [5] مراجعه نمود.

بررسی گام‌های اجرای فراخوانی سیستمی در سطح کرنل توسط gdb

در این قسمت با توجه به توضیحاتی که تا الان داده شده‌است، قسمتی از روند اجرای یک سیستم‌کال را در سطح هسته بررسی خواهیدکرد. ابتدا یک برنامه ساده سطح کاربر بنویسید که بتوان از طریق آن، فراخوانی‌های سیستمی()getpid در 6xv را اجرا کرد. یک نقطه توقف(breakpoint) در ابتدای تابع syscall قرار دهید. حال برنامه سطح کاربر نوشته‌شده را اجرا کنید. زمانی که به نقطه توقف برخورد کرد، دستور bt را در gdb اجرا کنید. توضیح کاربرد این دستور، تصویر خروجی آن و تحلیل کامل تصویر خروجی را در گزارش‌کار ثبت کنید.

حال دستور down(توضیح کارکرد این دستور را نیز در گزارش ذکر کنید) را در gdb اجرا کنید. محتوای رجیستر eax را که در tf می‌باشد، چاپ کنید. آیا مقداری که مشاهده می‌کنید، برابر با شماره فراخوانی سیستمی()getpid می‌باشد؟ علت را در گزارش کار توضیح دهید.

چند بار دستور c را در gdb اجرا کنید تا در نهایت، محتوای رجیستر eax، شماره فراخوانی سیستمی()getpid را در خود داشته‌باشد.

دقت کنید می‌توانید در ابتدا دستور layout src را اجرا کنید تا کد c در ترمینال gdb نشان داده‌شود و شاید در تحلیل مراحل، کمکتان کند.

ارسال آرگومان‌های فراخوانی‌های سیستمی

[22] Portable Operating System Interface

[23] توابع پوشاننده فراخوانی‌های سیستمی بخشی از POSIX هستند.

تا این‌جای کار با نحوه ارسال آرگومان‌های فراخوانی‌های سیستمی در سیستم‌عامل 6xv آشنا شدید. در این قسمت به جای بازیابی آرگومان‌ها به روش معمول، از ثبات‌ها استفاده می‌کنیم. فراخوانی سیستمی زیر را که در آن تنها یک آرگومان ورودی از نوع int وجود دارد پیاده‌سازی کنید.

- int find_fibonacci_number(int n)

در این قسمت به جای بازیابی آرگومان ها به روش معمول، از ثباتها استفاده میکنیم. در این فراخوانی، nامین عدد در دنباله‌ی فیبوناچی را محاسبه کنید. برای مثال در صورتی که عدد ورودی 10 باشد، شما باید عدد 34 را در خروجی چاپ کنید.

یادآوری:

Fibonacci series = 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, …

دقت داشته باشید که از ثبات برای ذخیره مقدار آرگومان استفاده می‌کنیم نه برای آدرس محل قرارگیری آن. ضمن این که پس از اجرای فراخوانی، باید مقدار ثبات دست نخورده باقی بماند.

پیاده‌سازی فراخوانی‌های سیستمی

در این آزمایش با پیاده‌سازی فراخوانی‌های سیستمی، اضافه‌کردن آن‌ها به هسته 6xv را فرا می‌گیرید. در این فراخوانی‌ها که در ادامه توضیح داده می‌شود، پردازش‌هایی انجام می‌شود که از سطح کاربر قابل انجام نیست. تمامی مراحل کار باید در گزارش کار همراه با فایل‌هایی که آپلود می‌کنید موجود باشند.

نحوه اضافه کردن فراخوانی‌های سیستمی

برای انجام این کار لینک و مستندات زیادی در اینترنت و منابع دیگر موجود است. شما باید چند فایل را برای اضافه کردن فراخوانی‌های سیستمی در 6xv تغییر دهید. برای این که با این فایل‌ها بیشتر آشنا شوید، پیاده‌سازی فراخوانی‌های سیستمی موجود را در 6xv مطالعه کنید. این فایل‌ها شامل user.h، syscall.h، syscall.c و ... است. گزارشی که ارائه می‌دهید باید شامل تمامی مراحل اضافه کردن فراخوانی‌های سیستمی و همین‌طور مستندات خواسته‌شده در مراحل بعد باشد.

نحوه ذخیره اطلاعات پردازه‌ها در هسته

پردازه‌ها در سیستم‌عامل 6xv پس از درخواستِ یک پردازه دیگر توسط هسته ساخته می‌شوند. در این صورت هسته نیاز دارد تا اولین پردازه را خودش اجرا کند. هسته 6xv برای نگه‌داری هر پردازه یک ساختار داده ساده دارد که در یک لیست مدیریت می‌شود. هر پردازه اطلاعاتی از قبیل شناسه واحد خود[24] که توسط آن شناخته می‌شود، پردازه والد و غیره را در ساختار خود دارد. برای ذخیره‌کردن اطلاعات بیشتر، می‌توان داده‌ها را به این ساختار داده اضافه کرد.

1. پیاده‌سازی فراخوانی سیستمی پر استفاده‌ترین فراخوانی سیستمی

در این قسمت فراخوانی سیستمی طراحی کنید که شماره فراخوانی سیستمی‌ای که بیشتر از سایر فراخوانی‌های سیستمی استفاده شده است را برگرداند.

- int find_most_callee(void)

برای تست این فراخوانی سیستمی برنامه‌ی سطح کاربر بنویسید و فراخوانی سیستمی گفته شده را فراخوانی کنید و نتیجه را چاپ کنید.

توجه: خروجی حاصل را از این فراخوانی را در گزارش کار توجیه کنید.

[24] PID

2. پیاده‌سازی فراخوانی سیستمی تعداد فرزندان پردازه کنونی

در این قسمت، فراخوانی سیستمی را طراحی کنید که تعداد فرزندان پردازه کنونی را برگرداند.

- int get_children_count(void)

برای تست، برنامه ای در سطح کاربر بنویسید که با استفاده از fork() سه پردازه فرزند ایجاد کنید و در پردازه پدر get_children_count() را فراخوانی کنید.

3. پیاده‌سازی فراخوانی سیستمی کشتن اولین فرزند پردازه کنونی

در این قسمت، اولین پردازه فرزندِ پردازه کنونی را بکشید.

- int kill_first_child_process(void)

برای تست این فراخوانی سیستمی، برنامه ای در سطح کاربر بنویسید که با استفاده از fork() یک پردازه فرزند ایجاد کنید و قبل از از بین رفتن پردازه فرزند(که از sleep() میتوانید کمک بگیرید) پردازه پدر فرزند مذکور را کشته و قبل و بعد کشتن با استفاده از فراخوانی سیستمی قسمت قبل تعداد فرزندان چاپ شود.

توجه: خروجی حاصل را از این فراخوانی را در گزارش کار توجیه کنید و درباره نحوه ایجاد خروجی این تست در گزارش کار بنویسید.

نکاتی در رابطه با فراخوانی‌های سیستمی

- برای این که بتوانید فراخوانی‌های سیستمی خود را تست کنید لازم است که یک برنامه سطح کاربر بنویسید و در آن فراخوانی‌ها را صدا بزنید. برای این که بتوانید برنامه سطح کاربر خود را درون Shell اجرا کنید، باید تغییرات مناسبی را روی Makefile انجام دهید تا برنامه جدید کامپایل شود و به فایل‌سیستم 6xv اضافه شود.
- برای ردیابی روال فراخوانی‌ها، پیغام‌های مناسبی در جاهای مناسب چاپ کنید.
- برای نمایش اطلاعات در سطح هسته از cprintf() استفاده کنید.

سایر نکات

- آدرس مخزن و شناسه آخرین تغییر خود را در محل بارگذاری در سایت درس، بارگذاری نمایید.
- تمام مراحل کار را در گزارش کار خود بیاورید.
- همه افراد باید به پروژه آپلود شده توسط گروه خود مسلط باشند و لزوماً نمره افراد یک گروه با یکدیگر برابر نیست.
- در صورت مشاهده هرگونه مشابهت بین کدها یا گزارش دو گروه، به هر دو گروه نمره ۰ تعلق می‌گیرد.
- فصل سه کتاب 6xv می‌توان کمک‌کننده باشد.
- هر گونه سوال در مورد پروژه را فقط از طریق فروم درس مطرح کنید.

موفق باشید

مراجع

[1] “System Call.” [Online]. Available: https://en.wikipedia.org/wiki/System_call.

[2] L. Soares and M. Stumm, “FlexSC: Flexible System Call Scheduling with Exception-less System Calls,” in *Proceedings of the 9th USENIX Conference on Operating Systems Design and Implementation*, 2010, pp. 33–46.

[3] C.-C. Tsai, B. Jain, N. A. Abdul, and D. E. Porter, “A Study of Modern Linux API Usage and Compatibility: What to Support when You’Re Supporting,” in *Proceedings of the Eleventh European Conference on Computer Systems*, 2016, p. 16:1--16:16.

[4] “Intel{®} 64 and IA-32 Architectures Software Developer's Manual, Volume 3: System Programming Guide,” 2015.

[5] V. Atlidakis, J. Andrus, R. Geambasu, D. Mitropoulos, and J. Nieh, “POSIX Abstractions in Modern Operating Systems: The Old, the New, and the Missing,” in *Proceedings of the Eleventh European Conference on Computer Systems*, 2016, p. 19:1--19:17.