



아주대학교
소프트웨어학과

Mini-KVM: 교육용 x86 하이퍼바이저

소프트웨어학과 설규원
지도교수 - 김상훈 교수

문제 7 출력 디버그 콘솔 터미널 포트

=====

Type '1-9' to run demos, '0' to exit

=== 1K OS Menu ===

1. Multiplication Table (2x1 ~ 9x9)
2. Counter (0-9)
3. Echo (interactive)
4. Fibonacci Sequence

가상화 기술은
복잡해야 할까요?



전통적 하이퍼바이저의 복잡성

QEMU

코드 크기: 100,000+ LOC
초기화 시간: ~50ms
메모리 사용량: ~50MB
학습 곡선: 매우 가파름

Problem

교육 환경에서 이해하기 어려움
임베디드 시스템에 과도한 리소스



Mini-KVM의 접근

핵심 원칙

최소화된 복잡성 - 꼭 필요한 기능만
하드웨어 가상화 활용 - Linux KVM API
명확한 코드 - 읽기 쉬운 1,500줄



결과

10배 빠른 초기화
50-100배 빠른 실행
30배 적은 메모리



아키텍처 개요

Guest VMs

Real Mode (16bit) 또는
Protected Mode (32-bit + 1K OS)

Kernel Space

Linux KVM 모듈

- 하드웨어 가상화 (VT-x)
- EPT 메모리 관리

↕ KVM ioctl()

User Space(Host)

Mini-KVM VMM (1,500줄)

- VM/vCPU 관리
- I/O 에뮬레이션
- 하이퍼콜 인터페이스



핵심 설계 혁신

1. Conditional IRQCHIP

Real Mode: IRQCHIP 없음 → 깔끔한 종료
Protected Mode: IRQCHIP 활성화 → 인터럽트 지원

2. Per-vCPU Memory Isolation

각 vCPU는 독립적인 물리 메모리 영역
Real Mode: 256KB/vCPU
Protected Mode: 4MB

3. Hypercall Interface

Port 0x500 을 통한 효율적인 통신
HC_PUTCHAR, HC_GETCHAR, HC_EXIT 등



성능 비교

5가지 지표

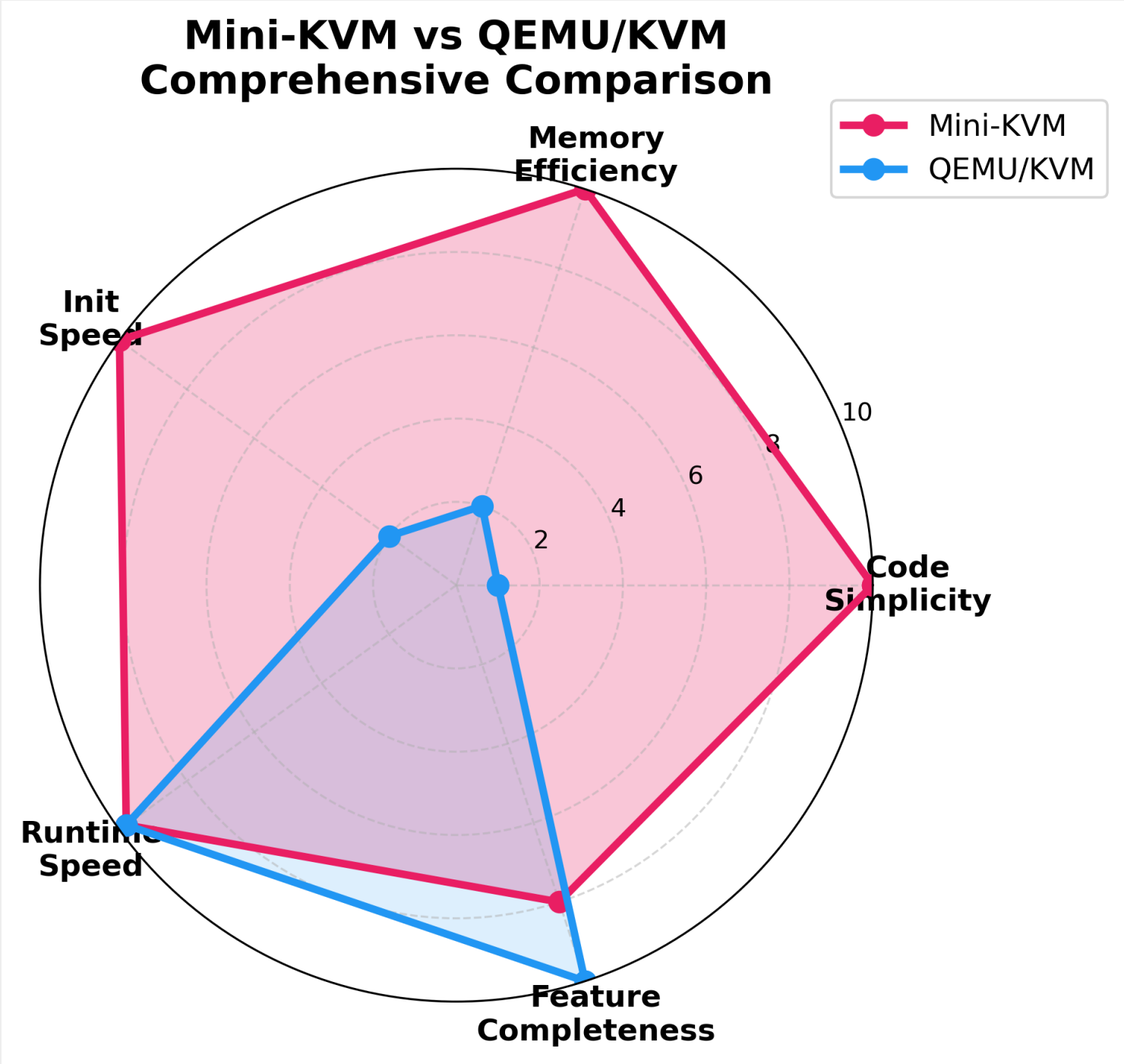
1. 초기화 시간

2. 메모리 사용량

3. 코드 크기

4. 실행 속도

5. 기능 완성도



성능 수치 요약

	Mini-KVM QEMU 비율		
초기화 시간	<5ms	~50ms	10배 개선
실행 속도	Native-like	TCG	50~100배 향상
메모리	1.5MB	50MB	1/30로 감소
코드 크기	1,5000 LOC	100,000+ LOC	1/70로 축소

Conditional IRQCHIP

```
int init_kvm(bool need_irqchip) {  
    kvm_fd = open("/dev/kvm", O_RDWR);  
    vm_fd = ioctl(kvm_fd, KVM_CREATE_VM, 0);  
  
    // Protected Mode에서만 IRQCHIP 생성  
    if (need_irqchip) {  
        ioctl(vm_fd, KVM_CREATE_IRQCHIP, 0);  
    }  
  
    return vm_fd;  
}
```

핵심: 모드에 따라 불필요한 오버헤드 제거



응용 분야

교육



가상화 개념 학습용 플랫폼
읽기 쉬운 코드로 하이퍼바이저 구현 이해



연구

하이퍼바이저 실험 플랫폼
새로운 가상화 기법 프로토타이핑

임베디드 시스템



리소스 제약 환경에서 VM 실행
빠른 초기화로 실시간 대응



빠른 테스트

VM 즉시 프로비저닝
개발 환경 빠른 구축

기술 스택

지원 모드

Real Mode (16-bit): 단순 게스트, 멀티 vCPU 병렬성
Protected Mode (32-bit): GDT/IDT, 4MB PSE 페이징, 인터럽트

1K OS 포팅

RISC-V → x86 변환
9개 사용자 프로그램
커널/사용자 모드 분리

개발 환경

Linux KVM API
GCC, GNU AS/LD



프로젝트 통계



가치 제안

단순하지만 완전함



복잡성을 제거했지만 모든 핵심 기능 제공

오픈 소스



MIT 라이선스 - 누구나 학습, 수정, 배포 가능

실전 성능



교육용이지만 프로덕션 수준의 성능

명확한 코드



1,500줄로 가상화의 본질 이해

감사합니다



Q&A: seolcu0112@proton.me
github.com/seolcu/mini-kvm
