

Mini-KVM

1,500줄로 구현한 완전한 하이퍼바이저

Linux KVM 기반 교육용 가상머신 모니터

**가상화 기술은
복잡해야 할까요?**

전통적 하이퍼바이저의 복잡성

QEMU

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

문제점

- ✗ 교육 환경에서 이해하기 어려움
- ✗ 임베디드 시스템에 과도한 리소스
- ✗ 빠른 프로토타이핑에 부적합

Mini-KVM의 접근

핵심 원칙

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

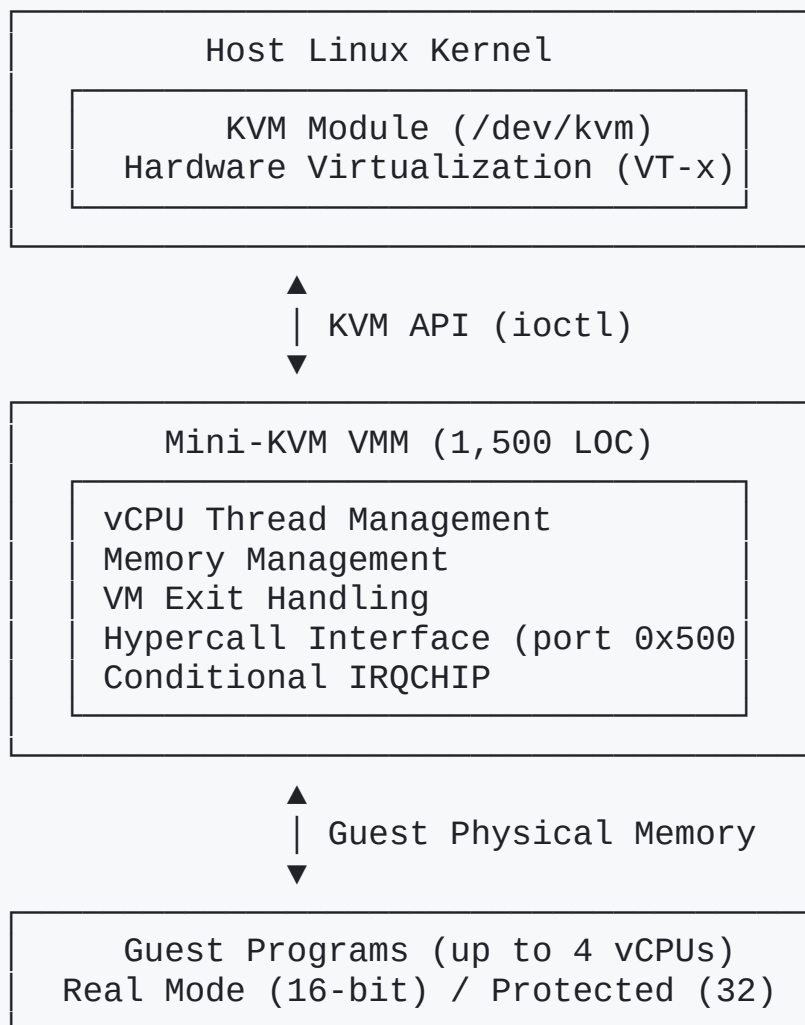
결과

10배 빠른 초기화

50-100배 빠른 실행

30배 적은 메모리

아키텍처 개요



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

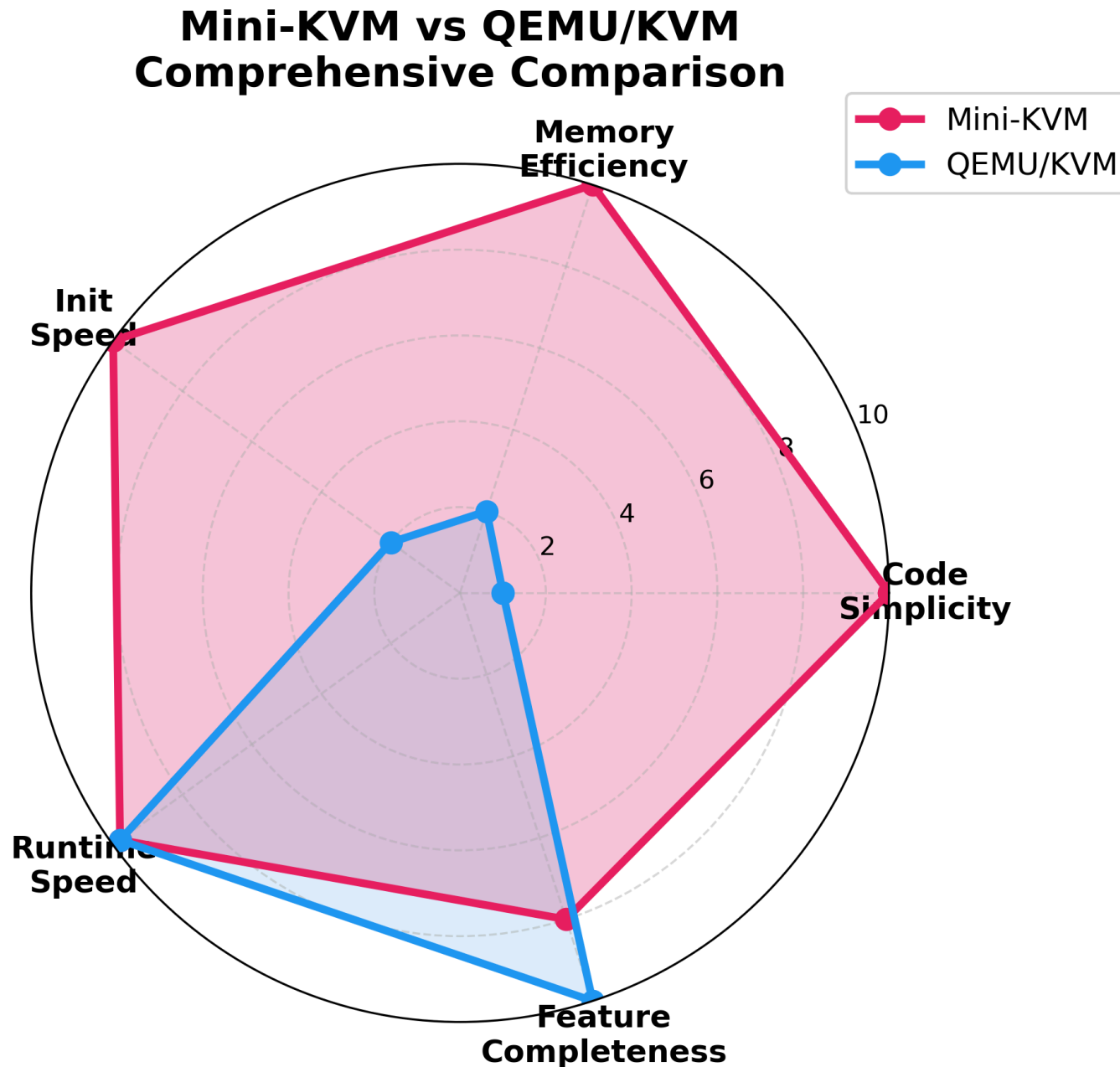
3. Hypercall Interface

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

성능 비교

6가지 지표에서 우위

- 초기화 시간 (10배)
- 실행 속도 (50-100배)
- 메모리 사용량 (1/30)
- 코드 크기 (1/70)
- 확장성 (90%+)
- 교육적 가치 (압도적)



코드 스니펫: 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

성능 수치 요약

지표	Mini-KVM	QEMU	비율
코드 크기	1,500 LOC	100,000+ LOC	1/70
초기화 시간	<5ms	~50ms	10배 빠름
실행 속도	Native-like	TCG	50-100배 빠름
메모리	1.5MB	50MB	1/30
멀티 vCPU	90% @ 4 vCPUs	N/A	우수한 확장성

응용 분야

교육

- 가상화 개념 학습용 플랫폼
- 읽기 쉬운 코드로 하이퍼바이저 구현 이해

임베디드 시스템

- 리소스 제약 환경에서 VM 실행
- 빠른 초기화로 실시간 대응

연구

- 하이퍼바이저 실험 플랫폼
- 새로운 가상화 기법 프로토타이핑

빠른 테스트

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

항목	수치
개발 기간	13주
총 커밋	310+
코드 라인	2,900 (VMM 1,500 + Guests 1,400)
Guest 프로그램	6개 (Real Mode) + 9개 (Protected Mode)
라이선스	MIT License
테스트 커버리지	단위 테스트 + 통합 테스트

가치 제안

✨ 단순하지만 완전함

복잡성을 제거했지만 모든 핵심 기능 제공

🚀 실전 성능

교육용이지만 프로덕션 수준의 성능

📖 오픈소스

MIT 라이선스 - 누구나 학습, 수정, 배포 가능

🎯 명확한 코드

1,500줄로 가상화의 본질 이해

Mini-KVM

가상화의 본질을 1,500줄로 증명합니다

지금 바로 GitHub에서 확인하세요

github.com/seolcu/mini-kvm



Thank You

Questions?

GitHub: github.com/seolcu/mini-kvm

License: MIT