



제한된 컴퓨터 환경을 위한 경량 컨테이너 런타임 엔진: Docker와의 비교 연구

Changin Kim*, Youjeong Heo, Suyeong Jang, Changbeom Choi
Department of Computer Engineering, Hanbat National University

Introduction

컨테이너 기술의 중요성

- 현대 소프트웨어 개발과 배포에서 컨테이너 기술은 핵심 역할

Docker

- 현재 가장 널리 사용되는 컨테이너화 도구, 애플리케이션을 격리된 환경에서 실행할 수 있도록 지원
- 높은 리소스 사용량 및 성능 문제는 리소스가 제한된 컴퓨터 환경에서는 최적화 되지 않음

소형 컴퓨터와 임베디드 시스템의 중요성

- IoT(사물 인터넷) 및 엣지 컴퓨팅과 같은 다양한 분야에서 중요한 역할

경량화된 컨테이너 런타임의 필요성

- 제한된 리소스를 효율적으로 사용이 필요
- 기존 컨테이너 런타임 엔진의 높은 리소스 사용량 문제 해결 필요

연구 목적

- 경량화된 컨테이너 런타임 개발
- Docker와의 성능 비교 분석
- 실행 시간, 메모리 사용량, CPU 사용량 등 성능 지표 평가
- 효율성 입증

System Architecture

경량화된 컨테이너 런타임 엔진 설계

- 설계 목표는 메모리 및 CPU 사용량 최소화, 제한된 리소스 효율적 사용, 컨테이너 시작 시간 및 실행 성능 최적화를 목표로 설계함
- 주요 구성 요소는 Namespace, cgroup 설정, 이미지 실행 및 명령 수행 기능으로 구성됨

Namespace 설정을 통한 프로세스 격리

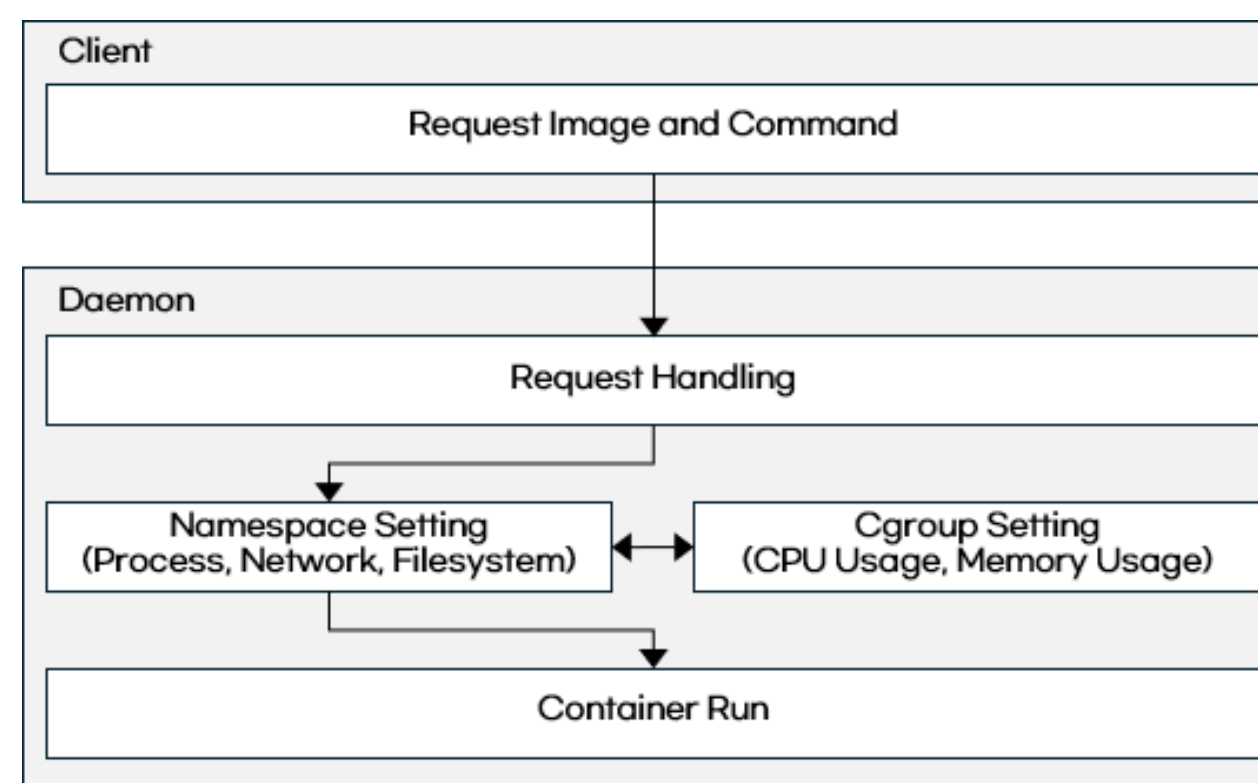
- 프로세스 격리를 위한 Namespace 설정을 통해 각 컨테이너가 독립적으로 동작할 수 있는 격리된 실행 환경을 제공

cgroup 설정을 통한 리소스 제한

- 리소스 제한을 위한 cgroup 설정을 통해 자원 경쟁을 최소화하고, 각 컨테이너가 필요한 리소스를 효율적으로 사용할 수 있도록 함

이미지 실행 및 명령 수행 기능

- 지정된 이미지를 사용하여 컨테이너를 실행하고 명령을 수행하는 기능을 포함하여 컨테이너가 독립적으로 동작하며 필요한 리소스를 효율적으로 사용할 수 있도록 함



Experimental Method

실험 환경

Item	Details
CPU	12th Gen Intel(R) Core(TM) i9-12900K 3.19 GHz
Memory	64.0GB
OS	Ubuntu 20.04 LTS
Kernel	5.15.0-113-generic
Docker	26.0.0,
Test Image	Nginx

실험 단계

- 컨테이너 시작 시간 측정
 - Docker와 경량화된 런타임에서 Nginx 컨테이너를 실행하여 비교 측정
- 메모리 사용량 측정
 - 컨테이너가 정상적으로 실행된 후 일정 시간 동안 평균 값을 사용
- CPU 사용량 측정
 - ApacheBench 도구를 사용하여 Nginx 서버에 부하를 가한 후 비교 측정

Results

실험 결과

Item	Docker	Lightweight Runtime
Container Start Time		
- real (ms)	273	31
- user (ms)	17	9
- sys (ms)	13	4
Memory Usage (MiB)	18.2	7.28
CPU Usage (%)	14	20

```
changin@worker1:~$ time docker
ae398166b426334ec36cc0176771a64
real    0m0.273s    MEM USAGE
user    0m0.017s    18.2MiB /
sys     0m0.013s

changin@worker1:~/come-capstone24
Container started successfully
Execution time: 20.938438ms
Maximum resident set size (kbytes): 7280
real    0m0.031s
user    0m0.009s
sys     0m0.004s
```

- 경량화된 런타임은 Docker보다 약 8배 빠른 시작 시간을 보임
- 경량화된 런타임은 Docker보다 약 60% 적은 메모리를 사용
- 경량화된 런타임은 Docker에 비해 상대적 높은 CPU 사용량을 보임
 - 이는 경량화된 런타임의 최적화 필요

Conclusion

- 경량화된 컨테이너 런타임의 효율성
- 제한된 리소스 환경에서의 활용 가능성
- 향후 연구 방향으로 CPU 사용량 최적화 및 다양한 애플리케이션 대상으로 성능 검증하는 방향으로 진행 예정

Acknowledgments

"본 연구는 2024년 과학기술정보통신부 및 정보 통신기획평가원의 SW중심대학사업의 연구결과로 수행 되었음"(2022-0-01068)

References

- S. Sultan, I. Ahmad and T. Dimitriou, "Container Security: Issues, Challenges, and the Road Ahead," in *IEEE Access*, vol. 7, pp. 52976-52996, 2019
- Kozhirbayev, Z., Sinnott, R.O., "A performance comparison of container-based technologies for the cloud," *Future Generation. Computer. Systems*, vol. 68, pp. 175-182, 2017.
- Espe, Lennart, et al. "Performance Evaluation of Container Runtimes." *CLOSER*, pp. 273-281, 2020.
- Docker Documentation: Docker, <https://docs.docker.com>, Accessed: Jul. 9, 2024.
- Linux Namespaces: Linux, <https://man7.org/linux/man-pages/man7/namespaces.7.html>, Accessed: Jul. 9, 2024.
- cgroups : <https://github.com/containerd/cgroups.git>