

유저스페이스 NVMe 에뮬레이트

이름 조창민

지도교수 김상훈

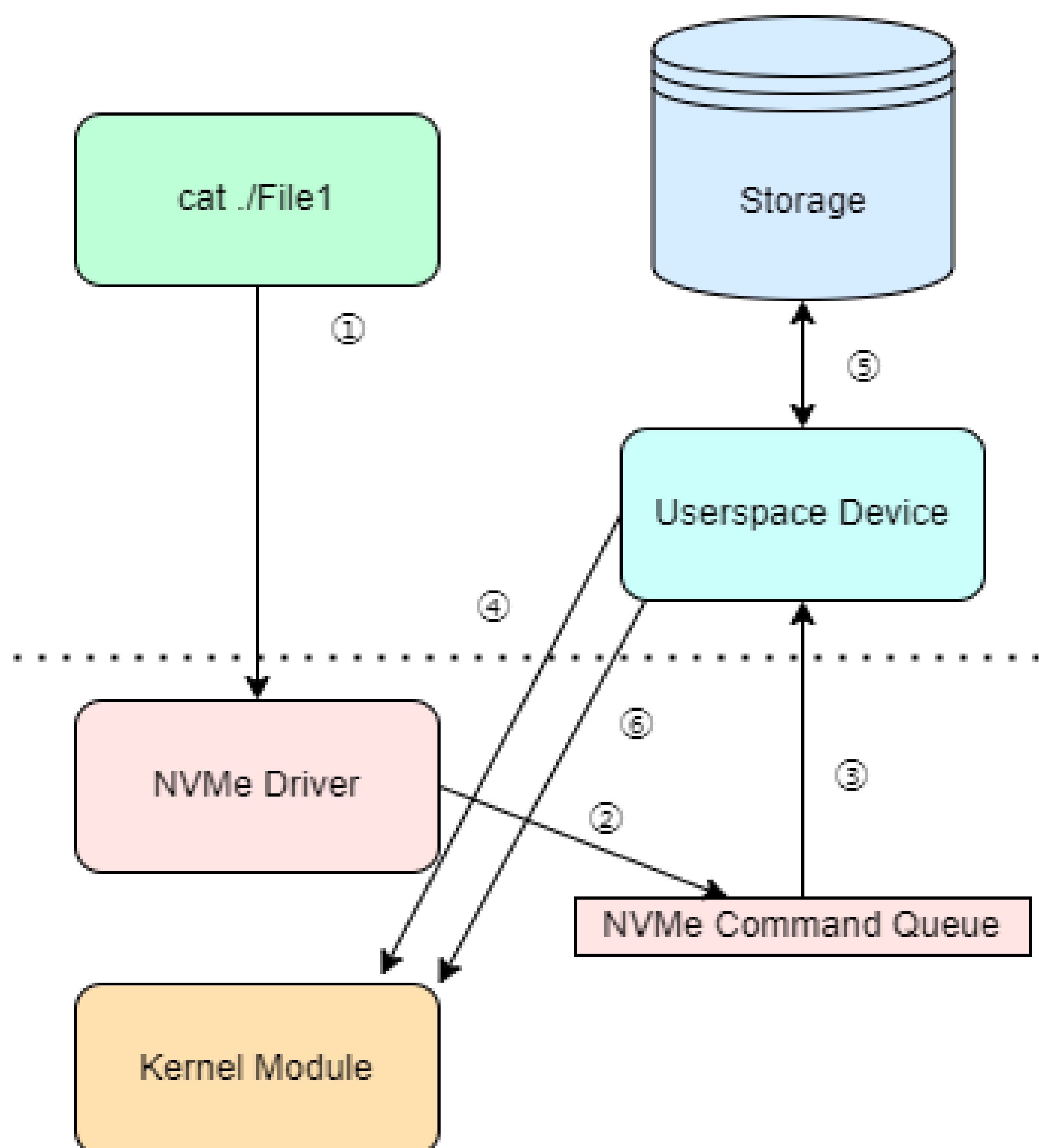
연구배경

NVMe는 SSD 등 비휘발성 메모리를 보다 효율적으로 사용하기 위해 설계된 인터페이스 사양이다. CPU의 코어 수가 늘어나고, 하드디스크와 달리 SSD의 경우 병렬화를 처리하기 쉽다는 특성을 가지고 있어, 기존에 사용되던 AHCI로는 SSD의 성능을 제대로 활용할 수 없다는 단점이 있어 이를 대체하기 위한 인터페이스로 NVMe가 등장하게 되었다.

NVMe 디바이스를 설계하고 실제로 제조하기 전 단계로 이를 검증하는 과정이 필요한데, 이 에뮬레이션 과정은 커널 스페이스에서 진행되고 있다. 이 연구는 이 과정을 유저스페이스에서 처리할 수 있도록 함으로써 실제 NVMe 디바이스를 제조하기 전 속도와 수명과 같은 성능을 검증하기 위한 과정을 보다 쉽고 빠르게 할 수 있도록 하는 것이 목적이다.

연구진행과정

NVMe 드라이버가 전달해주는 명령이 담기는 명령 큐와 명령이 처리해야 할 버퍼를 유저스페이스에 맵핑하여 유저스페이스 프로세스가 이를 처리할 수 있도록 하였다. 커널스페이스 모듈이 NVMe 드라이버가 처리할 것을 요청한 버퍼를 유저스페이스 프로세스에 맵핑하여 유저스페이스에서 이 버퍼를 읽고, 개발하고자 하는 디바이스의 설계에 따라 알맞은 처리를 할 수 있도록 개발하였다.

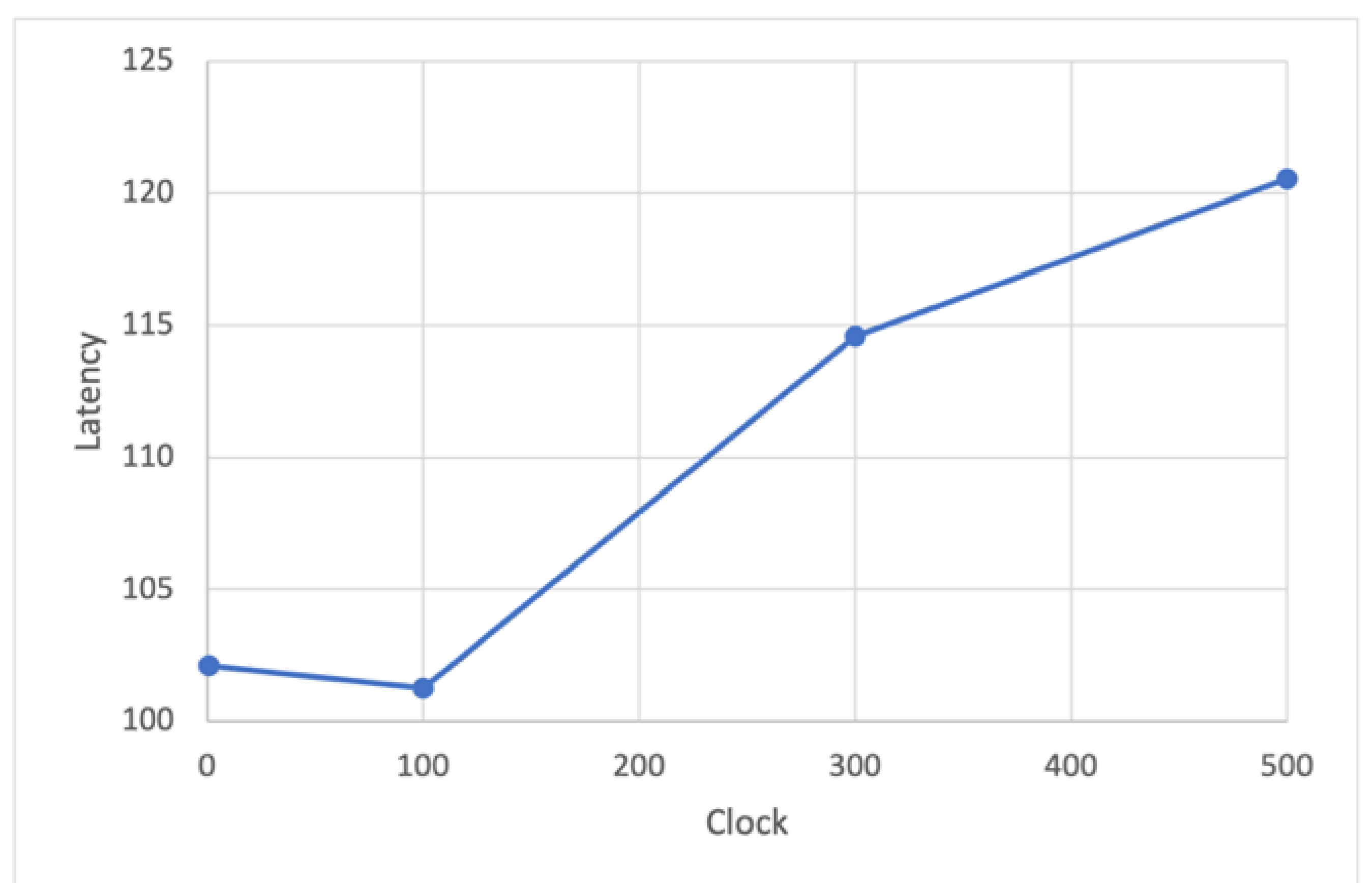


진행 흐름을 살펴보면 다음과 같다.

(1)유저 프로세스가 요청한 연산을 OS가 NVMe 드라이버에 전달한다. (2)NVMe 드라이버가 명령 큐에 명령을 삽입한다. (3)명령 큐를 사전에 맵핑해둔 유저스페이스 프로세스가 명령을 읽는다. (4)유저스페이스 프로세스는 커널 모듈에 명령에 담긴 버퍼를 주소공간에 맵핑해줄 것을 요청한다. (5)맵핑된 주소를 통해 실제 I/O처리를 수행한다. (6)끝으로 I/O처리를 완료했음을 커널에 전달하여 맵핑의 해제와 버퍼의 정리를 처리한다

결과 및 분석

개발의도와 알맞게 커널스페이스에 할당된 버퍼를 유저스페이스 프로세스가 접근하여 처리할 수 있도록 개발되었다. 이 인터페이스를 사용해 램디스크와, Page-level Mapping FTL를 적용한 NVMe 디바이스를 유저스페이스에서 구현하고 테스트 해 볼 수 있었다. 각 명령을 처리하는데 들어가는 시간을 파라미터로 받을 수 있게 하여 읽기/쓰기 성능을 측정할 수 있었고, 한번의 쓰기 명령을 전달했을 때 실제로 처리되는 쓰기 작업의 수를 나타내는 WAF를 측정하여 NVMe 디바이스의 수명을 계산할 수 있었다.



에뮬레이트 대상 NVMe 디바이스가 하나의 쓰기 명령을 처리하는데 걸리는 시간을 Clock단위로 조정하여 NVMe 디바이스의 성능을 측정한 결과이다. 명령을 처리하는데 걸리는 시간으로 NVMe의 성능을 제어할 수 있어 성능 평가에 사용될 수 있음을 알 수 있다.