모빌리티 환경에서 SSD의 효율적인 온도 관리 시스템 설계

김무진[1], 이현섭[2*]
*교신저자
[1]백석대학교 컴퓨터공학부 학부생
[2*]백석대학교 컴퓨터공학부 교수
rlaanwl99@bu.ac.kr, hyunseob@bu.ac.kr

A Design of Efficient Thermal Management System for SSD in a Mobility Environment

Mu-Jin Kim[1], Hyun-Seob Lee[2*]
[1,2]Div. of Computer Engineering, Baek-Seok University

요 약

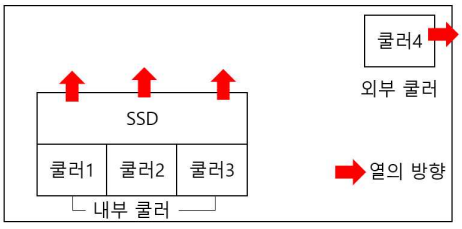
모빌리티 기술의 발전으로 자율주행 및 센서 데이터 처리를 위한 신뢰할 수 있는 고성능 저장 시스템의 수요가 증가하고 있다. SSD(Solid State Drive)는 빠른 데이터 처리 속도의 장점뿐만 아니라 외부 충격에 강한 내구성과 저전력의 특징 때문에 모빌리티 환경의 저장 시스템으로 사용되고 있다. 그러나 고온에 장시간 노출되면 NAND 플래시 메모리 소자에 손상이 발생할 수 있는 특성 때문에 모빌리티 내부 SSD의 온도를 관리해야 한다. 본 논문에서는 SSD의 외부 및 내부의 온도를 측정하여 저장장치가 고온에 장시간 노출되지 않도록 쿨링 시스템을 설계하고 실험을 통하여 적정 온도를 유지할 수 있는 최적화 방법을 제안한다. 또한 실험을 통해 쿨링 시스템이 SSD의 내부와 외부에 미치는 온도 변화를 측정하여 제안하는 시스템의 효과를 증명한다.

1. 서론

최근 인공지능 연구와 모빌리티 기술의 발전으로 자율주행 기술이 활발하게 연구되고 있다. 자율주행이 고도화되면서 대용량의 데이터를 빠르고 안정적으로 처리할 수 있는 고성능 저장장치가 필요하다. SSD는 데이터 처리에 있어 빠른 속도와 안정성뿐만 아니라 강한 내구력과 낮은 전력 소비의 장점이 있어 모빌리티 환경의 저장장치로 적합하다. 그러나 자동차와 같은 환경은 외부 열원으로부터 열전도와 축적이 쉬워 온도에 취약한 특성이 있는 NAND 플래시 메모리 기반 SSD에 심각한 손상을 미칠 수 있다.[1, 2] 따라서, 모빌리티 환경에서 온도를 효과적으로 관리하고 안정성을 보장하는 방법이 필요하다. 본 논문에서는 모빌리티 환경에서 SSD의 효과적인 온도 관리를 위한 쿨링 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 SMART를 사용하여 SSD 온도를 측정하고 고온에 도달하기 전 일정 온도에서 쿨러를 동작시킨다. 쿨러는 SSD에 직접 동작하는 내부 쿨러와 SSD 주변에 열이 축적되지 않게 하는 외부 쿨러를 사용한다. 이렇게 설계된 쿨링 시스템은 온도에 따라 단계적으로 동작한다. 그리고 실험을 통하여 제안하는 쿨링 시스템이 온도 관리에 어떤 향을 미치는지 확인하였다.

2. SMART를 이용한 열 감지 및 쿨링 정책 설계

본 논문에서는 SSD에서 SAMRT를 통해 온도를 측정하고 단계적으로 온도를 관리하기 위한 쿨링 정책을 제안한다. 제안하는 정책에서는 SMART를 통해 온도를 측정하고, 열에 취약한 NAND 플래시 메모리가 고온으로 올라가지 않도록 단계적인 쿨링 시스템을 설계하였다.



(그림 1) 쿨링 정책 설계

그림 1은 본 논문에서 제안하는 쿨링 정책 설계이다. 본 논문에서 말하는 쿨링 정책 중 단계적 쿨링

시스템은 우선 1단계에선 쿨러2를 동작시켜 SSD가 너무 고온으로 올라가지 않게 한다. 또한 쿨러2가 동작함과 동시에 외부 쿨러인 쿨러4도 동작을 시작해 열이 축적되지 않고 밖으로 나갈 수 있도록 한다. 그리고 2단계에서는 쿨러1을 추가도 동작시키고, 마지막 3단계에서는 쿨러3까지 모든 쿨러를 동작시킨다. 이러한 설계는 SSD가 손상되는 온도로 올라가지 않고 외부 온도가 성능에 영향을 미치지 않는다. 그리고 시스템이 실시간으로 동작하여 최적의 SSD 온도를 유지하고 과도한 발열이 일어나지 않게 한다.

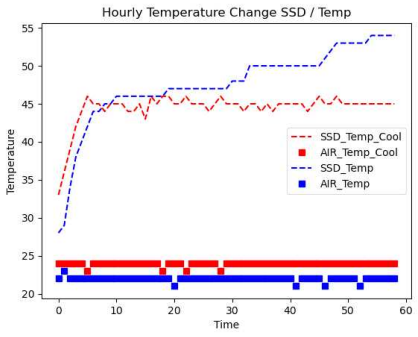
3. 실험 및 결과 분석

3.1. 실험 환경

실험은 라즈베리파이 3B+모델에서 진행되었고 SSD는 삼성전자의 PM981a 256G를 사용하였다. SSD 주변의 온도를 측정하기 위해 DHT11 센서를 사용하였고 내부 온도를 측정하기 위해 SMART를 이용하였다. 쿨러는 다양한 상황에서의 SSD 온도 안정화를 위해서 4개를 사용하였다. 각각의 쿨러는 하나의 시스템에서 작동시키기 위해서 릴레이를 각 쿨러에 연결하여 온도의 변화에 따라 다르게 작동시켰다. 측정된 온도를 관찰하기 위해 LCD 2004 I2C 제어 모듈을 사용하여 SSD 온도와 외부 온도를 표시하였다. 마지막으로 Hdparam을 이용하여 SSD에 I/O 명령을 실행시키며 실험을 진행하였다.

3.2. 실험

I/O가 발생하였을 때 축적되는 온도를 측정하기 위해 10분마다 SSD 온도를 측정하여 표시하였다.



(그림 2) I/O를 처리하는 동안 SSD 온도 변화

그림 2는 I/O를 처리하는 동안 측정된 SSD의 온도 변화를 보여주고 있다. 그래프에서 x축은 동작 시간 0분부터 60분을 나타내고, y축은 온도를 나타낸다. 그림과 같이 쿨링 시스템에서의 SSD 초기 온도는 섭씨 33도이며 I/O가 발생함에 따라 온도가 계속 증가하다가 시스템에서 쿨러가 작동하도록 설계된 온도인 45도에 근접하게 유지 중인 것을 확인할 수 있다. 반면에 쿨링 시스템을 사용하지 않은 SSD는 초기 온도가 섭씨 28도이지만 빠른 속도로 온도가 상승하여 약 8분에 45도에 도달하였고 10분에 쿨링 시스템에서 최고 온도인 46도에 도달했다. 일시적으로 온도가 유지되는 구간은 있으나 지속해서 온도가 상승하여 최고 온도인 섭씨 55도에 도달하는 것을 확인하였다. 이는 쿨링 시스템을 사용하는 것이 사용하지 않을 때보다 온도 유지에서 약 18.2%의 성능 향상을 가져온다.

4. 결론 및 향후 연구

자율주행 모빌리티 기술의 발전으로 고성능 저장장치가 필요하고 SSD가 고속으로 데이터를 처리하는 등의 장점으로 모빌리티 시스템에 사용하기 적합하다. 하지만 열에 의해 손상을 입을 수 있다는 약점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 쿨링 정책을 제안하였고 실험을 통하여 이 정책의 쿨링 성능을 확인하였다. 향후 연구로는 SSD가 외부의 온도에서 받는 영향을 실험을 통해 확인하고 부정적인 외부 요인에도 최적의 성능을 유지할 수 있도록 추가적인 실험을 진행할 예정이다. 또한 날씨 예측과 인공지능을 통해 모빌리티의 내부 온도가 상승하는 타이밍을 미리 계산하고 이에 맞춰서 쿨링 시스템을 작동시켜 보다 적은 전력으로 SSD의 상태를 최상으로 유지 시키는 연구를 진행할 계획이다.

Acknowledgement

이 논문은 2023년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임 (NRF2021R1I1A3061020)

참고문헌

[1] 김세욱, 이상엽, 진정호, 최종무, 양중섭, 모연진, 신영균, “SSD를 위한 SMART 기반 신뢰성 분석 방법론: 측정과 의미”, 정보과학회 논문지, v.38, no.5, pp207 ~ 215, 2011

[2] 권민성, “휴대용 SSD 외장 하드드라이브 발열문제 개선을 위한 디자인개발 연구”, 한국기초조형학회, v.19, no.1, pp27 ~ 40, 2018