

냉각에 따른 그래픽 프로세서의 온도 및 소비 전력 분석

손동오[○], 전형규^{*}, 최홍준^{*}, 김철홍^{*}

[○] 전남대학교 전자컴퓨터공학과

e-mail: sdo1127@gmail.com[○], {artside.jsy, hggodman1108, cheolhong}@gmail.com^{*}

Analysis on the Temperature and Power Efficiency of Graphic Processors according to Cooling Effects

DongOh Son[○], SeYoon Joo^{*}, HyungGue Jeon^{*}, CheolHong Kim^{*}

[○]Dept. of Electronics and Computer Engineering, Chonnam National University

● 요약 ●

프로세서 설계 기술의 발달로 인해 그래픽 프로세서 또한 기술적으로 크게 발전하였다. 그래픽 프로세서는 단순한 그래픽 표현 장치에서 대용량의 데이터를 병렬로 처리하는 고성능 장치로 변화하고 있다. 뿐만 아니라 그래픽 프로세서는 대용량의 데이터 처리가 가능한 병렬 프로세서로 특화되어 있기 때문에 이를 활용하여 CPU의 작업을 보조하며 빠른 연산 수행을 가능하게 한다. 이로 인해, 최신의 고성능 시스템 설계에서 그래픽 프로세서는 매우 중요한 역할을 한다. 그래픽 프로세서를 활용하는 고성능의 시스템을 설계하기 위해서는 발열과 소비 전력을 고려해야 한다. 본 논문에서는 그래픽 프로세서의 온도를 제어하는 냉각팬의 세기를 조절하여 그에 따른 온도와 소비 전력을 분석한다. 실험 결과 냉각팬 세기가 낮은 경우 그래픽 프로세서의 온도는 100℃ 까지 급격히 상승한다. 냉각팬 세기가 높은 경우 그래픽 프로세서의 온도는 천천히 증가하여 일정 온도에 수렴함을 알 수 있다. 또한, 그래픽 프로세서의 소비 전력은 작업량을 할당하지 않았을 때보다 최대작업량을 할당하였을 때 냉각팬 세기에 따른 소비 전력 차이가 큼을 알 수 있다.

키워드: 그래픽 프로세서(graphic processor), 온도(temperature), 전력 효율성(power efficiency)

1. 서론

반도체 설계 기술의 발달에 따라 GPU(Graphics Processing Unit), 즉 그래픽 프로세서는 많은 발전을 하고 있다[1]. 기존의 그래픽 프로세서는 CPU(Central Processing Unit)의 연산결과를 모니터에 출력하는 단순한 장치로 활용되었다. 하지만 다양한 멀티미디어 콘텐츠와 3D 그래픽 기술의 발달로 많은 양의 데이터를 처리할 수 있는 그래픽 프로세서가 요구됨에 따라 그래픽 프로세서는 대용량의 데이터를 병렬로 처리할 수 있도록 개발되고 있다. 그래픽 프로세서는 그래픽 처리를 위해서 고안된 특화된 병렬 프로세서로서 대용량의 병렬 연산에서 뛰어난 성능을 가지며 CPU 보다 높은 데이터 처리 속도를 가지고 있다[2]. 그래픽 프로세서의 뛰어난 병렬 연산 능력을 활용하기 위해 다양한 분야에서 연구가 진행되고 있다[3]. 따라서 고성능 시스템을 설계하기 위해서는 그래픽 프로세서의 활용이 필수적이다.

최근 프로세서들은 고성능화로 인해 프로세서가 자체적으로 소비하는 전력량이 급격하게 증가하고 있다. 또한, 그래픽 프로세서는 많은 수의 병렬 프로세서와 대용량의 데이터를 연산해야 하기 때문에 소비 전력이 시스템에서 차지하는 비중이 크다[4]. 높은 소

비 전력은 그래픽 프로세서의 온도 상승으로 이어진다. 그래픽 프로세서 같은 반도체에서 온도가 높아지게 되면 칩의 변형과 신뢰성, 수명, 그리고 소비 전력 측면에서 부정적인 영향을 미치게 되고 성능 또한 감소한다[5]. 이처럼 고성능 시스템을 설계할 때 온도와 소비 전력은 매우 중요하게 고려되어야 하는 요소이다. 이러한 그래픽 프로세서의 온도와 소비 전력을 분석하고 이 결과를 고성능 시스템 설계 시 반영하여 사용한다면 고성능, 저전력, 저온도의 시스템을 설계할 수 있을 것이다.

본 논문에서는 그래픽 프로세서의 온도와 소비 전력을 분석하기 위해 그래픽 프로세서의 온도를 제어하는 냉각팬의 세기를 조절하여 냉각팬 세기에 따른 온도와 소비 전력을 분석하고자 한다. 이를 위해 본 논문에서는 그래픽 프로세서에 최대작업량을 할당하여 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기에 따른 온도 변화와 소비 전력을 측정, 분석한다. 논문의 구성은 2장에서 실험 환경에 대해서 설명하고 3장에서 실험 결과에 대해서 기술한다. 마지막으로 4장에서 결론으로 논문을 마무리한다.

II. 실험 환경

본 논문에서는 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기에 따라 변화하는 온도와 소비 전력을 상세하게 분석하기 위해서 다음과 같은 실험 환경을 구성하였다.

표 1. 시스템 환경
Table 1. System Environment

실험 환경 요소	장치명
CPU	Intel Core i7-2600 3.4GHz
GPU	NVIDIA GeForce GT 530
OS	Windows 7
벤치마크	FurMark 1.10.0
전력 측정	Inspector2

그래픽 프로세서의 작업량 할당을 위해서 최대작업량을 할당하여 그래픽 프로세서의 성능을 평가하는 벤치마크인 FurMark[6]을 사용하였다. 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기 조절과 온도 변화, 작업량을 확인하기 위해서 NVIDIA 그래픽 프로세서의 정보를 볼 수 있는 프로그램인 NVIDIA Inspector를 사용하였다. 또한, 그래픽 프로세서의 전력을 상세하게 측정하기 위해서 인스펙터를 이용하여 실시간 소비 전력을 측정하였다. 실험에서 사용한 시스템 환경은 표 1에서 보이는 바와 같다.

III. 실험 결과

본 실험은 그래픽 프로세서에 최대작업량을 할당할 경우 냉각팬 세기에 따른 온도변화와 소비 전력을 분석하고자 한다.

1. 냉각팬 세기에 따른 온도 분석

그림 1은 냉각팬 세기에 따른 그래픽 프로세서의 온도 그래프이다. 그래프를 보면 그래픽 프로세서에 최대작업량이 할당됨에 따라 시간이 지날수록 그래픽 프로세서의 온도가 상승하는 것을 알 수 있다. 냉각팬의 세기를 30%로 설정한 경우 최대작업량의 할당에 따라 온도가 100℃까지 급격히 상승한다. 그래픽 프로세서의 온도가 100℃ 이상으로 상승하게 되면 칩의 변형과 신뢰성에 부정적인 영향을 미치게 될 수 있으므로 그래픽 프로세서에서 자체적으로 냉각팬 세기를 조절하게 된다. 따라서 100℃까지 상승했던 그래픽 프로세서의 온도는 냉각팬의 강제적인 세기 조절에 의해 높은 냉각 효과를 보이게 되며 온도가 감소하게 된다. 온도가 95℃ 이하로 감소하면 냉각팬의 세기는 초기에 설정된 30%의 세기로 다시 조절된다. 이에 따라 그래픽 프로세서의 온도는 95℃와 100℃ 사이에서 반복적으로 변화한다. 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기를 50%로 설정한 경우 냉각팬의 세기가 증가하여 기존의 냉각팬 세기 30%보다 온도 상승폭이 낮음을 알 수 있다. 하지만 냉각팬 세기를 50%로 설정하여도 계속되는 작업량에 의해 온도는

100℃에 근접하게 된다. 따라서 냉각팬 세기 30%와 마찬가지로 95℃와 100℃ 사이에서 반복적으로 온도가 변화하게 된다. 이와 같이 냉각팬의 세기가 낮을 경우 그래픽 프로세서의 임계온도인 100℃가 되면 강제적으로 냉각팬의 세기를 변경하여 칩의 온도를 100℃ 이하로 유지한다. 하지만 냉각팬 세기가 70%를 넘게 되면 다른 온도변화를 보인다. 먼저 냉각팬 세기가 70%인 경우 계속되는 작업량에 따라 온도가 상승하지만, 일정 시간이 지난 후에 온도 상승이 매우 작음을 알 수 있다. 또한, 냉각팬 세기가 90%와 100%인 경우 계속되는 작업량에도 불구하고 특정 온도에서 온도가 상승하지 않는다. 따라서 냉각팬 세기가 증가하게 되면 그래픽 프로세서에 최대작업량을 할당하여도 그래픽 프로세서의 온도가 특정 온도에 수렴하는 것을 알 수 있다.

2. 냉각팬 세기에 따른 소비 전력 분석

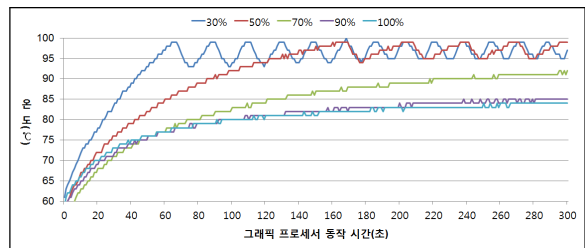


그림 1. 냉각팬 세기에 따른 그래픽 프로세서의 온도
Fig. 1. Temperature on the graphic processor according to cooling-fan strength

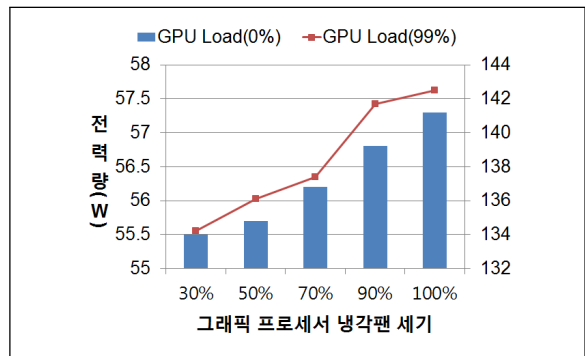


그림 2. 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기에 따른 시스템 소비 전력
Fig. 2. System power consumption of graphic processor according to cooling-fan strength

그림 2는 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기에 따른 시스템의 소비 전력을 측정된 그래프이다. 소비 전력 측정은 그래픽 프로세서에 작업량을 할당하지 않을 때와 최대작업량을 할당할 때 두 가지의 경우에 대해서 측정하였다. 그래픽 프로세서에 작업량을 할당하지 않을 경우 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기에 따라 시스템의 소비 전력은 55.5(W)에서 57.3(W)까지 변화한다. 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기가 증가함에 따라 시스템의 소비 전력이 증가하지만, 그 차이가 작음을 알 수 있다. 그래픽 프로세서에 최대작업

량을 할당하는 경우 시스템의 소비 전력은 134.2(W)에서 142.5(W)까지 변화함을 알 수 있다. 그래픽 프로세서의 냉각팬 세기에 따라 시스템의 소비 전력이 증가하는 것은 작업량을 할당하지 않은 경우와 동일 하지만 증가하는 소비 전력의 양이 많은 차이를 보인다.

IV. 결 론

그래픽 프로세서는 고성능 시스템을 구성하기 위한 필수 요소이다. 하지만 그래픽 프로세서는 많은 데이터 연산으로 인해 발열과 소비 전력을 고려해야 한다. 따라서 본 논문에서는 그래픽 프로세서에 최대작업량을 할당한 후 냉각팬 세기에 따른 온도변화와 소비 전력을 분석해 보았다. 실험 결과 냉각팬 세기가 낮은 경우 최대작업량을 할당할 때 시간이 지남에 따라 그래픽 프로세서의 온도가 100℃까지 급격하게 상승하나 그래픽 프로세서에서 강제로 냉각팬 세기를 변경하여 온도를 조정하는 것을 알 수 있다. 냉각팬 세기가 높은 경우 온도 상승이 작고 냉각팬 세기에 따라 특정 온도에 수렴하는 것을 알 수 있다. 또한, 냉각팬 세기에 따라 시스템이 소비하는 전력은 그래픽 프로세서가 작업량이 없을 때보다 최대작업량을 할당할 때 냉각팬 세기에 따라 소비 전력차이가 큰 것을 알 수 있다. 이 결과들에 따라 고성능 시스템을 구현할 때, 그래픽 프로세서의 높은 발열과 소비 전력을 고려하여 발열과 소비 전력을 줄이는 방법에 대한 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0301-12-3005)

참고문헌

- [1] NVIDIA CUDA C Programming Guide V4.2, available at http://developer.download.nvidia.com/compute/DevZone/docs/html/C/doc/CUDA_C_Programming_Guide.pdf
- [2] R. Vuducy, A. Chandramowlishwarany, J. Choi, M. Guney, and A. Shringarpure, "On the Limits of GPU Acceleration," In Proceedings of the 2nd USENIX conference on Hot topics in parallelism, pp.13-13, Berkeley, CA, USA, June. 2010.
- [3] J. H. Sung, Y. W. Lee, A. Han, W. I. Choi, and D. S. Kwon, "A Parallel Bulk Loading Method for B⁺-Tree Using CUDA," Journal of KIISE : Computing Practices and Letters, vol.16, no.6, pp.707-711, June. 2010.
- [4] S. P. Hong, and H. S. Kim, "An Integrated GPU Power and Performance Model," In Proceedings of 37th International Symposium on Computer Architecture, pp.280-289, Saint-Malo, France, June. 2010.
- [5] J. H. Choi, J. H. Kong, E. Y. Chung, and S. W. Chung, "A Dual Integer Register File Structure for Temperature-Aware Microprocessors," Journal of KIISE : Computer Systems and Theory, vol.35, no.12, pp.540-551, Dec. 2008.
- [6] FurMark, available at <http://www.ozone3d.net>