

PROPUESTA DE UNA NUEVA GEOMETRÍA PARA PARA DISIPACIÓN DE ALTOS FLUJOS EN GPUS (PROPOSAL FOR A NEW GEOMETRY FOR DISSIPATION OF HIGH FLOWS IN GPUS)

Muñoz-Chávez, Luis Enrique (1), Luviano-Ortiz, José Luis (2)

1 [Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato, Salamanca, Gto. 36885, México] | [elk.ike10@hotmail.com]

2 [Departamento de Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato, Salamanca, Gto. 36885, México] | [luisluviano@gmail.com]

Resumen

Actualmente la tendencia en los dispositivos electrónicos ha sido tal que éstos son cada vez más compactos por lo que son muy ligeros y fáciles de transportar, sin embargo, esto ha implicado que se tengan que disipar grandes flujos energéticos en áreas más pequeñas lo que ha traído consigo incrementos de temperatura en estos dispositivos, por lo tanto, es necesario buscar formas más eficientes para disipar el calor. Hoy en día, estos dispositivos son enfriados comúnmente con aire lo cual implica que cada vez sea más difícil lograr un enfriamiento adecuado, por lo que los dispositivos fallan por sobre calentamiento. Debido a lo anterior, en este proyecto se propuso diseñar y probar experimentalmente un nuevo disipador de calor para tarjetas de video (GPU), el cual se espera tenga un mejor desempeño térmico y utilice líquido como fluido de trabajo, al mismo tiempo se comparará su desempeño térmico con respecto a disipadores de calor comerciales, para ello se realizarán pruebas experimentales en las que se analicen la disipación de calor en ambos disipadores, por lo que éstos deberán someterse a las mismas condiciones de operación.

Abstract

Currently the trend in electronic devices has been such that they are increasingly compact so they are very light and easy to transport, however, this has meant that they have to dissipate large energy flows in smaller areas which has brought I get increases in temperature in these devices, therefore, it is necessary to look for more efficient ways to dissipate the heat. Today, these devices are commonly cooled with air which means that it is becoming increasingly difficult to achieve adequate cooling, so that the devices fail by overheating. Due to the above, in this project it was proposed to design and experimentally test a new heat sink for video cards (GPU), which is expected to have a better thermal performance and use liquid as a working fluid, at the same time it will compare its thermal performance with respect to commercial heat sinks, for this purpose, experimental tests will be carried out in which the dissipation of heat in both heat sinks will be analyzed, so they must be subjected to the same operating conditions.

Palabras Clave

Disipador de Calor, Enfriamiento de GPU, Flujo de Calor, Tarjetas de Videojuegos, Enfriamiento con Líquido, *Waterblock*.

INTRODUCCIÓN

El enfriamiento de sistemas electrónicos es uno de los principales retos en la nueva generación de tecnología ya que la reducción de tamaños trae consigo grandes beneficios, pero el calor a disipar por unidad de área crece de manera inmensurable [1]. Es un hecho que el flujo de calor a disipar en los chips de sistemas electrónicos irá incrementando en los siguientes años lo cual es debido a la demanda de potencia requerida en los nuevos microprocesadores, aunado a esto, los sistemas de enfriamiento por aire han sido la solución más ampliamente utilizada en desde los años 90's [2]. Por otra parte, las actuales técnicas de enfriamiento que involucran un ventilador que suministra aire a una superficie aletada caliente comienzan a ser obsoletas y poco útiles, lo cual se ve reflejado en su baja eficiencia y la pobre capacidad que tienen a la hora de disipar grandes cantidades de calor [3], debido a esto, los sistemas de disipación de calor por medio de aire resultan ser métodos ineficientes para chips de alto rendimiento [4]. Naturalmente se busca una solución a dicho problema y es en este punto donde se recurre a la tecnología de enfriamiento por líquido ya que es un método más efectivo para llevar a cabo la remoción de calor, aunado a esto, cabe señalar que el consumo de energía de refrigeración absorbe alrededor del 30–50% del consumo total de centros de datos debido al sistema de refrigeración ineficiente [5], por lo tanto, el desarrollo de técnicas de enfriamiento para componentes electrónicos por medio líquido se ha convertido en una tendencia clave [6].

Jemmy S. Bintoro [7] presentó el diseño de un sistema de enfriamiento que consta de un dispositivo de chorro de agua líquida para un circuito cerrado, combinado con un intercambiador de calor con minicanales, el dispositivo mantuvo la temperatura del chip por debajo de 95 °C con una carga máxima de calor de 200 W y suponiendo una temperatura ambiente de 30 °C. Por otra parte, Jae-Young Chang [8] propuso un sistema de enfriamiento líquido para CPU que consistía de un disipador de calor de microcanales, una bomba y una fuente de calor para simular el GPU de alta potencia de una computadora con una resistencia térmica total de 0.23 kW/hr, logrando mantener una temperatura del chip por debajo de los 64.7 °C.

En base a lo anterior, el principal objetivo del presente trabajo es desarrollar y analizar un nuevo prototipo de "waterblock" y comparar su desempeño termo-hidráulico con uno comercial. Cabe señalar que para el caso de una tarjeta de video GeForce GTX 770, la máxima potencia según las especificaciones del fabricante es de 250 W con una temperatura máxima permisible en el GPU de 98 °C.

MATERIALES Y MÉTODOS

Con respecto a las características de las tarjetas de video se puede decir que en los layouts de las placas de GPU's se observan ciertas coincidencias entre los modelos de gama media-alta que ofrece en su catálogo NVIDIA. Primeramente, se encuentra la zona de procesamiento a la izquierda de la placa donde la unidad de GPU se encuentra rodeada por un conjunto de memorias (GDDR5/GDDR3) al norte, este y oeste. A la izquierda de la unidad de procesamiento se encuentra el módulo regulador de voltaje (conformado por un conjunto de bobinas de choque y transistores FET); de izquierda a derecha, se encuentran más cerca del GPU una hilera de bobinas de choque, seguida por una o varias hileras de transistores FET. A la izquierda del módulo regulador de voltaje se encuentran las conexiones de la fuente de poder.

Cabe señalar además que los diferentes modelos de "waterblocks" también comparten ciertas similitudes ya que todos cubren la zona del GPU, las memorias (GDDR5/GDDR3) y el módulo regulador de voltaje; dejando fuera de su dominio de enfriamiento las conexiones correspondientes a la fuente de poder.

En lo que respecta al diseño del waterblock, uno de los principales cambios propuesto fue la reducción del tamaño de su base la cual se redujo de 191 mm a 161.5 mm de largo, mientras que el ancho y el espesor permanecieron invariantes, por lo que se tuvo un ahorro volumétrico de cobre del 16.54%. Dentro de las otras modificaciones que se realizaron en el disipador fueron las siguientes. Primeramente, se retiraron las extrusiones cilíndricas localizadas en el canal de la geometría comercial cuya función es sujetar el waterblock

a la tarjeta de video, por lo tanto, se propuso sujetar el waterblock por medio de barrenos hechos en la periferia del mismo, de modo que los tornillos de sujeción no impidan el flujo del fluido a través del canal y así evitar caídas de presión y turbulencia. Por otra parte, se añadieron secciones aletadas por encima de las memorias GDDR5 con el fin de disipar el calor suministrado por las mismas. Aunado a lo anterior, debido a las modificaciones de la geometría, las aletas principales del disipador se rotaron con la finalidad de permitir que el flujo fluya a través de esa zona con la menor resistencia posible. Las modificaciones mencionadas se muestran en la IMAGEN 1.

El banco de pruebas (mostrado en la IMAGEN 2) sobre el cual se realizaron las pruebas está configurado para montar disipadores enfriados por líquido para las tarjetas de video donde el bloque de aluminio y las soleras de aluminio simulan los flujos de calor que el procesador y los circuitos electrónicos producen en una tarjeta de video, como se muestra en la IMAGEN 3; este bloque de aluminio está aislado con lana mineral para no permitir que se presente alguna fuga de calor. Además de lo anterior, el banco de pruebas cuenta con 6 termopares tipo K para censar las temperaturas del fluido a la entrada y salida del disipador, la temperatura ambiente, las temperaturas a la entrada y salida en el disipador y la temperatura en el centro del disipador, estos termopares están conectados a unas DAQ para almacenar los datos de cada experimento a través del software Labview. Por otra parte, la bomba usada para impulsar el fluido de trabajo (agua) cuenta con varios niveles de flujo que son censados por un flujómetro que es controlado por un Arduino.

Los experimentos consistieron en medir la variación de las temperaturas en el disipador para tres flujos máxicos diferentes, y dos flujos de calor de 100 y 200 W. Cabe señalar que el registro de los datos se realizó una vez que se alcanzó el estado estacionario y fue a través de una tarjeta DAQ controlada con el software LabView. Posteriormente, estos datos fueron procesados para su análisis. Para el disipador comercial se realizaron pruebas con flujos máxicos de 2.35, 4.11 y 5.16 kg/min mientras que para los flujos máxicos para disipador propuesto fueron de 2.01, 4.13 y 4.93 Kg/min. Cabe señalar que las pruebas experimentales se realizaron a la misma temperatura ambiente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las IMÁGENES 4 – 9 se muestran los comportamientos de las temperaturas con respecto a la potencia, para el disipador comercial y para el disipador propuesto, se puede observar que el disipador comercial y el disipador propuesto en un principio a 100 w y a los tres flujos de prueba tienen un comportamiento similar pues mantienen una temperatura en el disipador de 42 °C a 48 °C, pero conforme se aumento la potencia el disipador comercial tiene un mejor desempeño pues su temperaturas máxicas están entre los 53 °C y los 60 °C con una potencia de 200 W, mientras el disipador propuesto su temperatura máxica a los 200 W esta cercana a los 70 °C. Las temperaturas en los fluidos fueron muy parecidas en ambos casos pues estuvieron en el rango de lo 28 °C a los 34 °C, y no se presentó una variación significativa en las pruebas.

Una característica que se presento en el disipador propuesto fue que la temperatura a la entrada era mayor que la temperatura a la salida en el disipador esto debido a que cuando el fluido entra al disipador este se divide en tres, una parte va a enfriar las memorias que están antes del procesador de la tarjeta de video para des pues pasar al procesador, otra parte del fluido va directo al procesador y la otra parte va hacia las memorias que están a la salida, para finalmente salir en su totalidad, es por eso que también la temperatura de entrada y salida del fluido en el disipador propuesto varia muy poco. A comparación con el disipador comercial primero el fluido pasa a enfriar las memorias de la tarjeta de video para después pasar hacia el procesador, por lo que al llegar al procesador el fluido ya esta caliente y no es posible aprovechar al máximo la capacidad de enfriamiento del fluido.

También para obtener el mismo flujo, en el disipador comercial la bomba tuvo que ser forzada más que en el disipador propuesto por lo que se traduce en tener mas consumo de energía, esto debido a que la geometría del disipador comercial opone mayor resistencia al paso del fluido que la que opone el disipador propuesto.

CONCLUSIONES

Se puede concluir que el disipador comercial tiene un mejor desempeño pues mantiene temperaturas de operación más bajas que el disipador propuesto, esto a costa de forzar un poco más la bomba y consumir más energía, una ventaja del disipador propuesto es como se mencionó anteriormente este tiene un 16.54 % de cobre menor que el disipador comercial y su geometría opone menor resistencia al paso del fluido de trabajo. En general los dos disipadores tienen buen desempeño, pues los dos operan por debajo de los 98 °C que es la temperatura máxima de operación en las tarjetas de video; para el disipador propuesto se buscara optimizar de mejor forma su geometría para llegar a mejores resultados.

AGRADECIMIENTOS

Los más sinceros agradecimientos por el apoyo brindado y el esfuerzo aplicado para la realización de este proyecto al Al Dr. Abel Hernández y al Dr.J. Luis Luviano O. por su apoyo y motivación en la realización de este proyecto, así como a su grupo de investigación.

REFERENCIAS

- [1] G. Colangelo, E. Favale, Cooling of electronic devices: Nanofluids contribution, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 127 (2017), pp. 421–435. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.08.042>.
- [2] A.C. Kheirabadi, D. Groulx, Experimental evaluation of a thermal contact liquid cooling system for server electronics, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 129 (2018), pp. 1010-1025. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.10.098>.
- [3] B.P. Whelan a, R. Kempers, A liquid-based system for CPU cooling implementing a jet array impingement waterblock and a tube array remote heat exchanger, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 39 (2012), pp. 86-94. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2012.01.013>.
- [4] Ali Habibi Khalaja, Saman K. Halgamugeb, A Review on efficient thermal management of air- and liquid-cooled data centers: From chip to the cooling system, *Applied Energy*, Vol. 205 (2017), pp. 1165–1188. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2017.08.037>.
- [5] H. Zhang, S. Shao, H. Xu, H. Zou, C. Tian, Free cooling of data centers: A review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 35 (2014), pp. 171-182. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rser.2014.04.017>.
- [6] P. Phelan, V. Chiriac, T. Lee, Current and Future Miniature Refrigeration Cooling Technologies for High Power Microelectronics, *IEEE transactions on components and packaging technologies*, Vol. 25 (2002), No. 3 pp. 356-365. DOI: 10.1109/TCAPT.2002.800600.
- [7] Jemmy S. Bintoro, Aliakbar Akbarzadeh, A closed-loop electronics cooling by implementing single phase impinging jet and mini channels heat exchanger, *Applied Thermal Engineering*, Vol. 25, (2005), No. 17-18, pp. 2740–2753. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2005.01.018>.
- [8] Jae-Young Chang; Hee Sung Park; Jong In Jo; S. Julia, A System Design of Liquid Cooling Computer Based on the Micro Cooling Technology, *Thermal and Thermomechanical Phenomena in Electronics Systems. Thermal and Thermomechanical Proceedings 10th Intersociety Conference on Phenomena in Electronics Systems* (2006), San Diego, CA, USA. DOI: 10.1109/ITHERM.2006.164533.

IMÁGENES

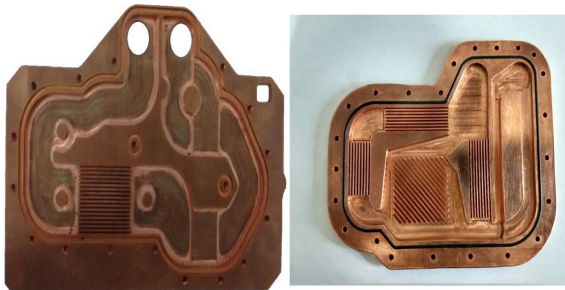


Imagen 1: a) disipador comercial y b) disipador propuesto.

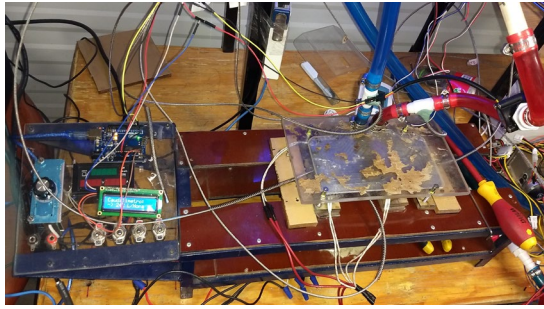


Imagen 2: Banco de pruebas experimental.

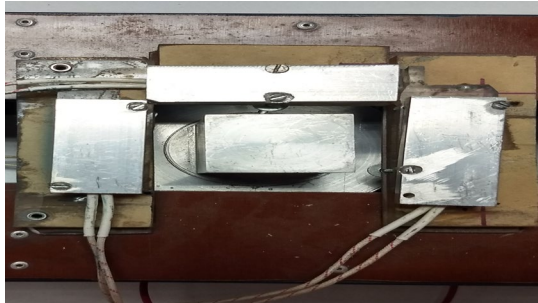


Imagen 3: Sección de generación de calor en el banco de pruebas.

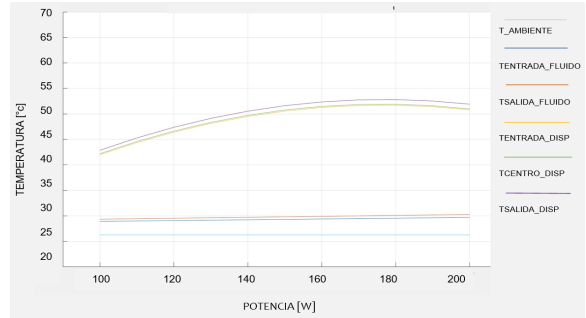


Imagen 6: Comportamiento del disipador comercial con un flujo de 5.1583 Kg/min.

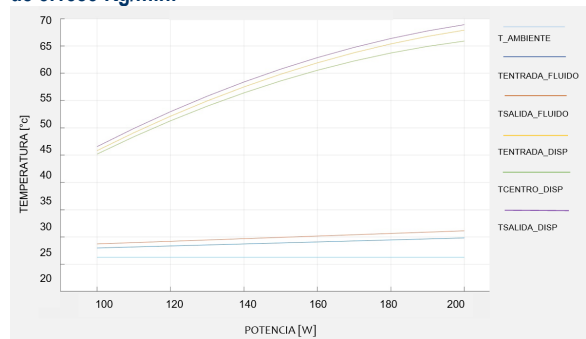


Imagen 7: comportamiento del disipador propuesto con un flujo de 2.0083 Kg/min.

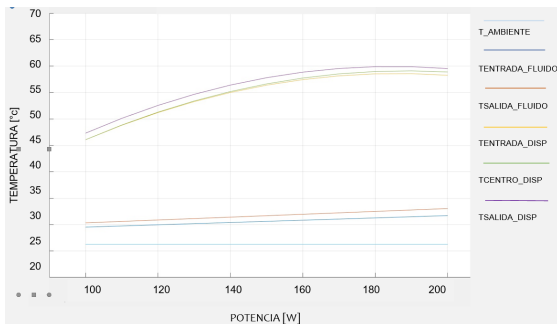


Imagen 4: Comportamiento del disipador comercial con un flujo de 2.3458 Kg/min.

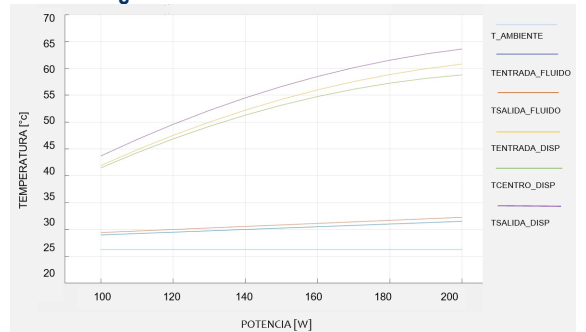


Imagen 8: Comportamiento del disipador propuesto con un flujo de 4.1277 Kg/min.

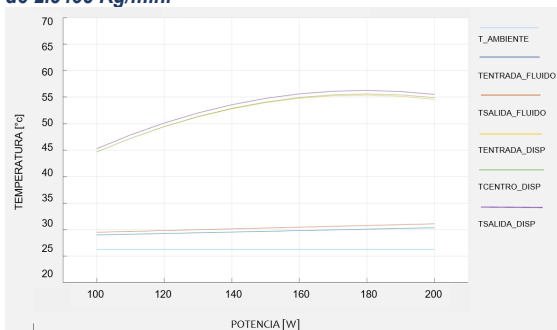


Imagen 5: Comportamiento del disipador comercial con un flujo de 4.1083 Kg/min.

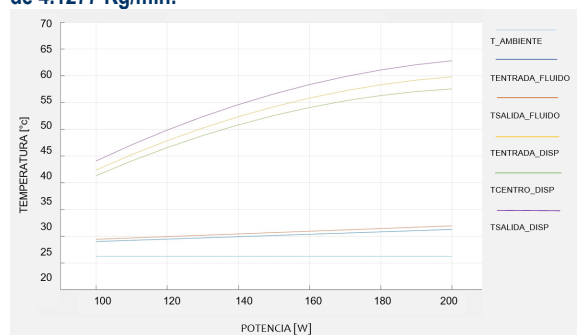


Imagen 9: Comportamiento del disipador propuesto con un flujo de 4.9333 Kg/min.