

APLICACIÓN DE ALGORITMOS GENÉTICOS EN OPTIMIZAR LA DISTRIBUCIÓN DE ALETAS EN LOS DISIPADORES DE CALOR

Hernández Luquin Rosalba Paola (1), Flores Sámano Nicolás (2), Botello Aceves Salvador (3),
Hernández Guerrero Abel (4), Luviano Ortiz José Luis (5)

1 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | [luquin.rosalba@gmail.com]

2 [Licenciatura en Ingeniería Mecánica, Universidad de Guanajuato] | [nico.flores.s@hotmail.com]

3 [Departamento de Ciencias de la Computación, Centro de Investigación en Matemáticas (CIMAT)] | [salvador.botello@cimat.com]

4 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [abel@ugto.mx]

5 [Departamento de Ingeniería Mecánica, División de Ingenierías Campus Irapuato-Salamanca, Universidad de Guanajuato] | [luis.luviano@ugto.mx]

Resumen

En la actualidad la disipación de calor en los componentes electrónicos de los equipos de cómputo es un tema de interés mundial, puesto que se ha incrementado la capacidad de procesamiento disminuyendo sus dimensiones. Por consiguiente, la generación de calor sobre los componentes electrónicos aumenta conforme aumenta la capacidad de procesamiento mientras disminuye sus dimensiones afectando el desempeño. Por lo tanto, la búsqueda de maximizar la transferencia de calor entre el componente electrónico con el disipador de calor conlleva a problemas de optimización. Un método de búsqueda y optimización es el algoritmo genético. En este trabajo se realiza la implementación, modelación y simulación del algoritmo genético para optimizar la distribución de aletas de un disipador de calor.

Abstract

Nowadays. The heat dissipater applied on Electronic Components (EC) has become an important field of study around the world. Owing to the fact that the processing capability on EC has increased but the size has decreased. Therefore, the heat generation in EC increases as the processing capability increase too. Thus, an optimization problem is presented when the search for maximize that heat transfer between EC and heat sink. A method of search and optimization is the genetic algorithms. In this work, it is implemented the modeling and simulation of the genetic algorithms for optimization and the correct distribution of with a heat sink.

Palabras Clave

Disipadores de calor; algoritmos genéticos; optimización; transferencia de calor; distribución de aletas.

INTRODUCCIÓN

La constante evolución de la tecnología exige una gran demanda de procesamiento computacional, con el fin de resolver problemas de ingeniería y de otras áreas. Sin embargo, esto implica que los equipos de cómputo deben ser capaces de procesar una inmensa cantidad de datos en poco tiempo. De igual forma se intenta que los componentes electrónicos del equipo de cómputo sean cada vez de dimensiones más pequeñas; esto conlleva a un sobrecalentamiento de los componentes electrónicos (chips, tarjetas de memoria, etc.). El efecto que tiene esta generación de calor radica en un mal desempeño minimizando su eficiencia de los mismos. Por consiguiente, se busca obtener mejores disipadores de calor que sean capaces de mantener estos componentes a una temperatura adecuada de trabajo, para obtener el mejor funcionamiento de los equipos de cómputo [1].

Algoritmos Genéticos

Los algoritmos genéticos se derivan del término *computación evolutiva*, donde se estudia los fundamentos y aplicación de técnicas heurísticas basadas en la evolución natural. La computación evolutiva se puede dividir en 3 categorías en la Imagen 1 muestra las categorías en forma de ecuación evolutiva.

$$\text{Computación Evolutiva} = \text{Algoritmos Genéticos} + \text{Estrategias de Evolución} + \text{Programación Evolutiva}$$

IMAGEN 1: Ecuación evolutiva.

El algoritmo genético es un conjunto de técnicas bio-inspiradas en la evolución biológica de los seres vivos, fundamentada por la Teoría de Evolución de Charles Darwin. Esta teoría postula que la selección natural tiende a progresar en dirección a la perfección.

Con esta base, la aplicación del algoritmo genético es buscar, combinar y mutar hasta encontrar los individuos (posibles soluciones) mejores adaptados en el sistema. Esto implica encontrar soluciones que satisfacen la función objetivo (maximizar o minimizar una función) sujetas a restricciones de diseño [2].

Aplicación del Algoritmo Genético en los Disipadores de Calor

La optimización de los disipadores de calor es un área de investigación en el cual se ha ido desarrollando en las últimas décadas. En el caso de Raj Bahadur and Avram Bar-Cohen [3] optimizaron un disipador de aletas circulares escalonadas variando tanto el diámetro de las aletas como la separación entre ellas. El trabajo de Bahadur y Bar-Cohen expone la implementación de ecuaciones paramétricas del fenómeno; graficando el impacto de cada parámetro del disipador sobre la transferencia de calor y caídas de presión.

Una forma de optimizar los disipadores es con la implementación de los algoritmos genéticos. En el trabajo presentado por Yuying Wang, Yunze Li y Dongxiao Liu [4], se desarrolló la optimización de un disipador de aletas circulares con una configuración común, implementando un algoritmo genético. Los autores se enfocaron en la variación del diámetro de la aleta y la separación entre ellas. Su estudio tiene como función objetivo la caída de presión.

Los algoritmos genéticos optimizan bajo ciertos criterios una función objetivo. Para aumentar la eficiencia de los disipadores de calor interviene un conjunto de funciones objetivo. Los autores Siwadol Kanyakam y Sujin Bireerat [5] implementan un algoritmo evolutivo multiobjetivo que se deriva de la misma rama que los algoritmos genéticos. Esta investigación tiene como objetivo maximizar la transferencia de calor mediante la variación de longitud de las aletas y su inclinación.

En este presente trabajo se analiza la eficiencia del disipador mediante una óptima distribución de aletas sobre el dominio de la base.

MATERIALES Y MÉTODOS

Modelo Geométrico y Matemático del Disipador de Calor

Las geometrías convencionales de los disipadores de calor usan distribuciones simples de aletas con sección transversal cuadrada y alineadas sobre la base del disipador. En la Imagen 2 se muestra el CAD de la distribución convencional.

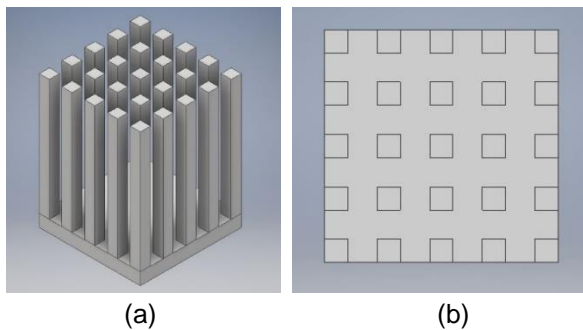


IMAGEN 2: a) Vista isométrica del disipador, b) vista frontal del disipador.

La geometría que se muestra en la Imagen 2 tiene 25 aletas con una base de 25x25 mm², una longitud de 30 mm, sección transversal de aleta de 2.5x25 mm² y un espesor de base de 3mm. Se emplea el algoritmo de optimización en la distribución simple canalizando la posición de las aletas hasta encontrar la mejor distribución y aumentar la eficiencia.

Para el análisis del disipador será sometido a un flujo de aire con una temperatura en la base. Se toman las siguientes consideraciones para el análisis

- Estado estable
- Propiedades constantes
- Transferencia de calor por radiación despreciable
- La entrada y salida de la velocidad del fluido son uniformes

Para definir el modelo del flujo del fluido, utilizamos la ecuación de Reynolds:

$$Re_{D_h} = \frac{\rho_{air} V D_h}{\mu_{air}} \quad (1)$$

Donde ρ_{air} es la densidad del aire, V es la velocidad del aire, D_h es diámetro hidráulico y μ_{air} la viscosidad dinámica del aire.

Para el análisis numérico las ecuaciones gobernantes en estado estable están dadas por:

$$\nabla \cdot \vec{V} = 0 \quad (2)$$

$$\vec{V} \cdot \nabla \vec{V} = -\frac{1}{\rho} \nabla P + \nu \nabla^2 \vec{V} \quad (3)$$

$$\vec{V} \nabla \cdot T = k \nabla^2 T \quad (4)$$

Técnicas del Algoritmo Genético

I. Generación de la Población Inicial

Se inicia con una distribución de aletas, cada disipador será considerado como un individuo. La distribución se obtiene de manera aleatoria.

$$(X, Y) = random(a) \quad (5)$$

Donde a es el dominio comprendido del disipador de calor, es decir, la dimensión de la base.

Se genera la población (padres) y está dada por un conjunto de disipadores generados con distribuciones aleatorias.

Se debe tener como restricción al generar la población inicial la separación mínima de la diagonal de la aleta (separación mínima 3.50 mm) con el fin de no traslapar las aletas en el dominio.

II. Generación de CAD y Solución de la Ecuaciones Gobernantes

Teniendo la población se genera el modelo CAD con las nuevas distribuciones. Se resuelve las ecuaciones gobernantes mediante el método de Volumen Finito para cada disipador.

III. Evaluación de Función Objetivo

La función objetivo está dada por la eficiencia global del sistema

$$\eta = \frac{q_t}{q_{m\acute{a}x}} \quad (6)$$

Donde η es la razón de transferencia de calor.

Se evalúa cada disipador, se compara entre ellos la función objetivo, si entre la generación nueva y la generación pasada (padres e hijos), no hay cambios significativos se detiene el programa, si no cumple inicia el proceso de recombinación (crossover) y mutación entre los individuos.

IV. Crossover y Mutación

Las coordenadas de las distribuciones de las aletas (X, Y) se cambian a un sistema binario. La selección del punto para el crossover se hace de manera aleatoria comprendida entre el rango de los bits de cada distribución. En la Imagen 3, muestra el proceso del crossover entre las coordenadas de los padres en sistema binario.

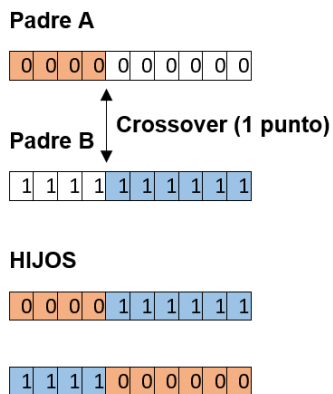


IMAGEN 3: Crossover en un punto.

Después de obtener la combinación de genes de los padres a los hijos, se prosigue a generar individuos únicos, esto se da en la mutación. Utilizamos una mutación uniforme, eligiendo una posición al azar del cromosoma (coordenadas en sistema binario) y se hace el cambio. En la Imagen 4, denota la mutación del cromosoma.

Mutación Uniforme

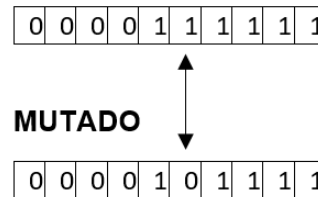


IMAGEN 4: Mutación uniforme.

La razón principal de esta combinación y mutación es elegir los mejores genes (mejores coordenadas) y combinarlos hasta tener una nueva generación (nueva distribución).

V. Selección

Teniendo las nuevas generaciones de disipadores se vuelen a revisar las condiciones de diseño, donde las aletas no sobrepasen el dominio y no traslapan entre ellas.

Se eliminan las aletas que no cumplan estas restricciones y se completan la población (coordenadas) de forma aleatoria.

VI. Nueva Generación

Al final del proceso obtenemos nuevas distribuciones que contienen los genes de los anteriores y se someten de nuevo a la evaluación de la función objetivo si no cumple continua el proceso si el algoritmo ya no encuentra una mejor distribución que alcance la función objetivo, se ha encontrada la distribución óptima del sistema.

En la Imagen 5 muestra el diagrama de procedimiento.

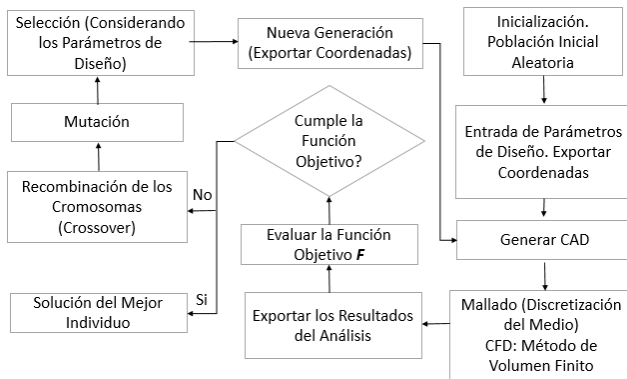


IMAGEN 5: Diagrama de procedimiento.

Tabla 2: Parámetros de diseño

	VALOR
ÁREA DE LA BASE	25x25 mm ²
LONGITUD DE LA ALETA	30 mm
ÁREA DE SECCIÓN TRANSVERSAL	2.5x2.5 mm ²
ESPESOR DE BASE	3 mm
TEMPERATURA DE LA BASE	400 K
VELOCIDAD DE FLUJO DE ENTRADA	2 m/s

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El algoritmo genético permite obtener diferentes soluciones en la distribución de aletas. A partir de la obtención de nuevas generaciones de coordenadas, se analiza la distribución de temperaturas de cada dissipador de calor. Los parámetros de entrada de análisis se muestran en la Tabla 1 y 2.

Tabla 1: Parámetros de las propiedades

	ALUMINIO	AIRE [T=25°]
DENSIDAD	2719 kg/m ³	1.1770 kg/m ³
CALOR ESPECÍFICO	871 J/(kg · K)	1006 J/(kg · K)
CONDUCTIVIDAD TÉRMICA	202 W/(m · K)	0.0267 W/(m · K)

La imagen 6 y 7 muestra las geometrías en CAD de la primera y cuarta generación de dissipadores.

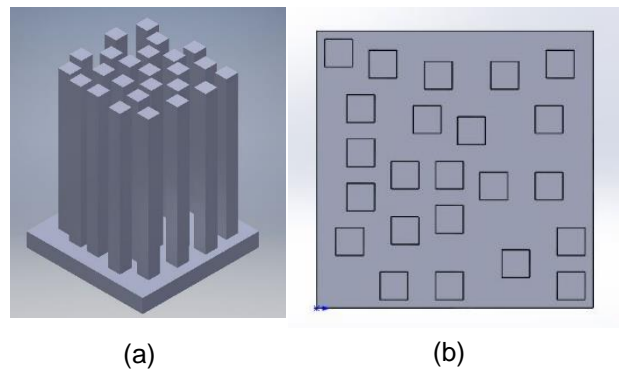
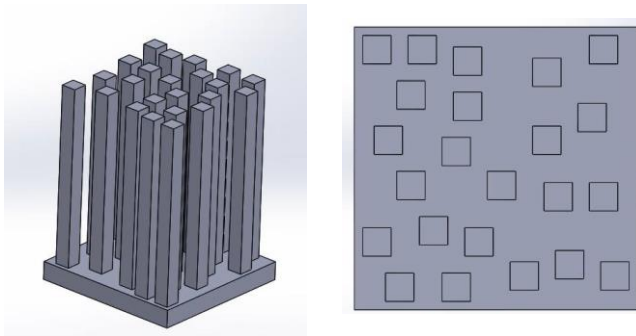


IMAGEN 6: a) Vista isométrica del dissipador de primera generación, b) vista frontal del dissipador de primera generación.

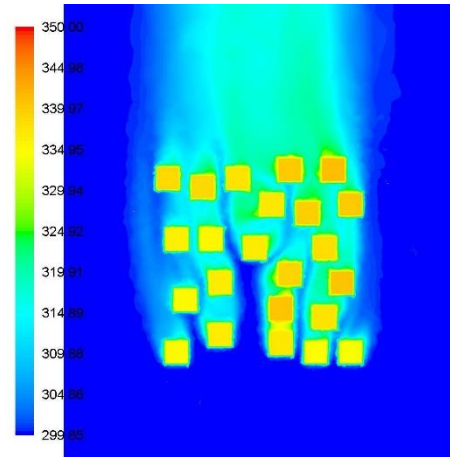


(a)

(b)

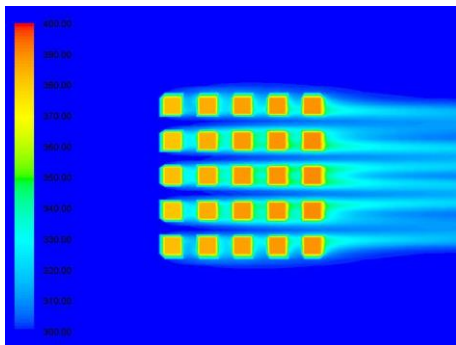
IMAGEN 7: a) Vista isométrica del disipador de cuarta generación, b) vista frontal del disipador de cuarta generación.

A continuación, en la Imagen 8 se muestra la distribución de temperaturas comparando los diferentes tipos de distribución obtenidos con el algoritmo y la distribución convencional.

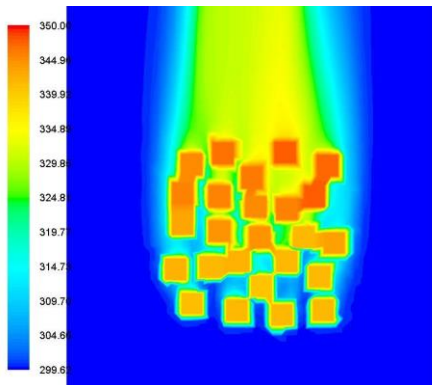


(b)

IMAGEN 8: Distribución de temperaturas a) distribución convencional, b) distribución de primera generación, c) distribución de cuarta generación.



(a)



(b)

CONCLUSIONES

Los resultados demuestran que las nuevas configuraciones provocan que la distribución de las temperaturas tenga homogeneidad en todas las aletas. En cambio, los disipadores convencionales su distribución es ascendente, es decir, las últimas aletas tienen mayor temperatura que las primeras, lo que ocasiona que la transferencia de calor vaya disminuyendo a través del disipador.

La gran ventaja del uso de los algoritmos genéticos aplicados en la optimización es su metodología aleatoria; busca todas las posibles soluciones existentes y selecciona la mejor de ellas. Cuando son aplicados en los disipadores de calor van seleccionando las coordenadas de las aletas óptimas para aumentar la transferencia de calor, por lo tanto, se infiere que es un método viable para encontrar geometrías que no cuentan con una distribución simétrica y que pueden llegar a ser mejores que las convencionales.

AGRADECIMIENTOS

A todas las personas que nos han apoyado en este tema de investigación, familia, amigos y docentes.

A nuestros asesores Salvador Botello Aceves, él experto en el tema de algoritmos genéticos. Al Dr. Abel Hernández Guerrero y el Dr. José Luis Luviano Ortiz por apoyarnos en todo momento durante el desarrollo de este tema.

Se extiende también un agradecimiento a la Universidad de Guanajuato por impulsar la pasión por la ciencia.

REFERENCIAS

[1] Ko-Ta (2005). Chiang, Optimization of the Design Parameters of Parallel-Plain Fin Heat Sink Module Cooling Phenomenon Based on the Taguchi Method. International Communications in Heat and Mass Transfer, volume (32), pp. 1193-1201.

[2] Gestal Marcos, Rivero Daniel, Rabuñal Juan Ramón (2010). Introducción a los Algoritmos Genéticos y la Programación Genética (1^{er} ed.): Universidade da Coruña.

[3] Yuying Wang, Yunze Li, Dongxiao Liu (2009). The Application of Genetic Algorithm for Pin-fin Heat Sink Optimization Design. Industrial Electronics and Applications, ICIEA 2009. 4th IEEE Conference on.

[4] Raj Bahadur, Avram Bar-Cohen (2005). Thermal Design and Optimization of Natural Convection Polymer Pin Fin Heat Sinks. IEEE Transactions on Components and Packaging Technologies, 28(2), 238-246.

[5] Siwadol Kanyakam, Sujin Bureerat (2014). Multiobjective Evolutionary Optimization of Splayed Pin-Fin Heat Sink. Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics, 5:4, 553-565.