

# Implementación de un Efecto sobre una Imagen

Cortés G. Diego F., Dueñas C. Francisco S., Salas M.

Jairo D.

Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial, Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

difcortesgu@unal.edu.co

frsduenasca@unal.edu.co

jsalasm@unal.edu.co

**Resumen** — El objetivo de este trabajo es mostrar cómo la paralelización (block wise) mediante el uso de la librería OpenMP en procesos, comparado con procesos secuenciales, toma tiempos de respuesta menores a mayor número de hilos usados para su ejecución. Para esto se realizó una implementación de varios efectos que se pueden aplicar a una imagen, pero solo se seleccionaron dos efectos de todos los implementados para la realización del análisis.

## I. INTRODUCCIÓN

El paralelismo es una forma de computación en la cual varios cálculos pueden realizarse simultáneamente [1]. Este método es de gran ayuda al momento de realizar procesos que pueden tomar mucho tiempo de ejecución para llegar a un resultado esperado, y en particular, en la implementación de filtros sobre una o varias imágenes, la paralelización es una herramienta fundamental a la hora de reducir el tiempo que puede tomar este tipo de procesos. Es por lo anterior que se llevó a cabo un análisis del tiempo de ejecución que puede tomar un proceso de manera secuencial vs. procesos que utilizan la paralelización para dar validez a lo antes mencionado.

## II. IMPLEMENTACIÓN

Para el desarrollo de la práctica 2 se procedió a realizar la implementación de un algoritmo que permitiese, a partir de una imagen, aplicar un filtro a esta con el fin de generar una nueva imagen con el filtro, todos los procesos se ejecutaron con un procesador AMD® Ryzen 7 3700x 8-core processor × 16, 3.6GHz.

### A. Lectura y escritura de imágenes

Se utilizó la librería OpenCV como recurso para la lectura y escritura de las imágenes utilizadas. Usando las funciones `imread()` y `imwrite()` de esta librería.

### B. Filtros (kernel)

Se utilizaron matrices de convolución (kernel), las cuales proporcionan un efecto sobre la imagen, dado que el filtro examina cada píxel de la imagen, multiplicando el valor de dicho píxel y el de los 8 circundantes por el valor correspondiente en el kernel. Para luego realizar una suma de los valores resultantes de la multiplicación y asignando ese valor al píxel en la posición central de matriz generada por los

píxeles utilizados para la operación, lo anterior se realiza de manera sucesiva hasta terminar de iterar cada uno de los píxeles de la imagen, esto se puede observar en la Figura 1.

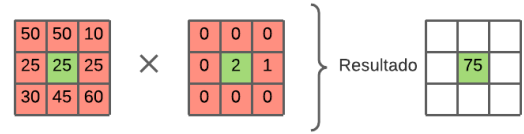


Figura 1. Ejemplo de la multiplicación y suma resultante de los píxeles en una matriz 3x3.

### C. Paralelización

La paralelización se hizo por bloques, a partir de la cantidad de hilos se dividieron las filas de la imagen, es decir a cada hilo se le asignó un grupo de filas para procesar. Se escogió esta forma de paralelización debido a que es la manera más simple de hacerlo y de igual manera produce buenos resultados, un ejemplo se puede observar en la Figura 2.

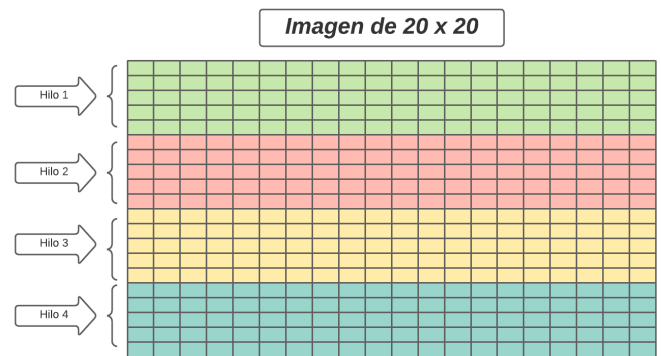


Figura 2. Ejemplo de la división de filas para 4 hilos en una imagen de tamaño 20x20.

### D. Speed Up

El análisis de rendimiento de programas paralelos tiene en cuenta el mejor tiempo de respuesta del programa secuencial entre el tiempo de ejecución con P procesadores, en la ecuación (1) se expresa esto:

$$Sp(n) = T^*(n) / Tp(n). \quad (1)$$

En donde  $T^*(n)$  es el tiempo de ejecución del mejor programa secuencial y  $Tp(n)$  el tiempo de ejecución con P procesadores.

## III. METODOLOGÍA

Se seleccionaron dos filtros de todos los implementados, filtro de enfoque (matriz 3x3) y filtro de desenfoque (matriz 15x15), además, se seleccionaron 3 imágenes a color de 720p, 1080p y 4K. A cada imagen seleccionada se le aplicó cada uno de los filtros, realizando este proceso de manera secuencial y con OpenMP (2, 4, 8 y 16 hilos) registrando los tiempos que tomaba cada proceso.

## IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS

### A. Tiempos de respuesta

En la Tabla 1 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de enfoque en una imagen de 720p.

TABLA 1  
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE ENFOQUE EN IMAGEN DE 720p.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN				
SECUENCIAL	N.º HILOS 2	N.º HILOS 4	N.º HILOS 8	N.º HILOS 16
0.20806	0.112515	0.068021	0.052213	0.032443
0.209291	0.112407	0.060023	0.033900	0.035842
0.205233	0.110098	0.059726	0.033865	0.034278
0.209408	0.111405	0.060673	0.034214	0.03666
0.208663	0.117260	0.060275	0.033738	0.032012
0.207501	0.111047	0.060246	0.035594	0.032689
0.208193	0.111382	0.068670	0.052314	0.038019
0.210738	0.111266	0.060617	0.035241	0.035673
0.204444	0.110740	0.060636	0.033978	0.035365
0.207599	0.114138	0.061260	0.03379	0.034947

En la Tabla 2 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de enfoque en una imagen de 1080p.

TABLA 2  
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE ENFOQUE EN IMAGEN DE 1080p.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN				
SECUENCIAL	N.º HILOS 2	N.º HILOS 4	N.º HILOS 8	N.º HILOS 16
0.473562	0.244936	0.135859	0.068078	0.066006
0.469705	0.244265	0.13318	0.068572	0.061182
0.459953	0.242454	0.134125	0.06786	0.067549
0.462245	0.244645	0.127595	0.068571	0.064566
0.470157	0.242712	0.134905	0.070315	0.062989
0.469749	0.242986	0.133128	0.068438	0.062339
0.467543	0.244618	0.135254	0.06981	0.064721
0.467015	0.244704	0.128149	0.068214	0.067357
0.46089	0.244187	0.127606	0.070627	0.064283
0.469503	0.243799	0.127611	0.068901	0.065403

En la Tabla 3 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de enfoque en una imagen de 4K.

TABLA 3  
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE ENFOQUE EN IMAGEN DE 4K.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN				
----------------------	--	--	--	--

SECUENCIAL	N.º HILOS 2	N.º HILOS 4	N.º HILOS 8	N.º HILOS 16
1.807102	0.924398	0.479392	0.246427	0.226917
1.788569	0.925623	0.481012	0.247545	0.226686
1.816625	0.919184	0.483506	0.247616	0.228241
1.822483	0.915064	0.479198	0.247037	0.229621
1.802962	0.925576	0.47867	0.258969	0.230314
1.786074	0.924926	0.482171	0.248077	0.230517
1.805482	0.921571	0.482081	0.247539	0.232064
1.784614	0.913949	0.473158	0.246991	0.228339
1.806366	0.9243	0.471709	0.245998	0.231926
1.787701	0.928953	0.481678	0.246064	0.229482

En la Tabla 4 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de desenfoque en una imagen de 720p.

TABLA 4  
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE DESENFQUE EN IMAGEN DE 720p.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN				
SECUENCIAL	N.º HILOS 2	N.º HILOS 4	N.º HILOS 8	N.º HILOS 16
4.265195	2.180502	1.131611	0.577616	0.535159
4.21554	2.181645	1.136088	0.576617	0.534906
4.254354	2.167403	1.110991	0.579925	0.534398
4.20452	2.164934	1.119552	0.578894	0.532754
4.220139	2.169934	1.123151	0.578934	0.536020
4.316861	2.166449	1.122075	0.579222	0.534359
4.311534	2.183980	1.117815	0.830685	0.560189
4.283033	2.180861	1.117445	0.582736	0.602611
4.205288	2.156990	1.117344	0.581053	0.660087
4.204849	2.183625	1.125134	0.579443	0.586186

En la Tabla 5 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de desenfoque en una imagen de 1080p.

TABLA 5  
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE DESENFQUE EN IMAGEN DE 1080p.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN				
SECUENCIAL	N.º HILOS 2	N.º HILOS 4	N.º HILOS 8	N.º HILOS 16
9.733929	4.850184	2.509542	1.326095	1.201875
9.513144	4.908325	2.558014	1.498432	1.202291
9.761163	4.907240	2.525142	1.312904	1.200215
9.718226	4.845221	2.545528	1.656923	1.203953
9.657993	4.851168	2.517338	1.318538	1.193141

9.521713	4.910777	2.515123	1.299352	1.191332
9.649148	4.913788	2.480291	1.313315	1.191043
9.525883	4.861361	2.516907	1.704974	1.229468
9.715609	4.837616	2.487533	1.315103	1.18943
9.710409	4.924391	2.529226	1.302338	1.187087

En la Tabla 6 se muestran los valores obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de desenfocado en una imagen de 4K.

**TABLA 6**  
TIEMPOS DE RESPUESTA PARA FILTRO DE DESEFOQUE EN IMAGEN DE 4K.

TIEMPOS DE EJECUCIÓN				
SECUENCIAL	N.º HILOS 2	N.º HILOS 4	N.º HILOS 8	N.º HILOS 16
38.801855	19.342566	10.128334	5.201094	4.785408
38.910543	19.652941	10.025671	5.205098	4.781285
38.140518	19.69182	10.092114	5.382148	4.799910
38.143116	19.51320	10.035444	5.340053	4.786844
38.980266	19.59696	9.972500	5.633008	4.797999
38.638798	19.700795	10.177156	5.274684	4.795878
38.166485	19.673622	10.12828	5.282064	4.803040
39.080756	19.673494	10.106045	5.273509	4.799331
39.477861	19.512541	10.055773	5.279934	4.801231
38.533692	19.488341	10.117157	5.241157	4.803209

En la Tabla 7 se muestran los valores promedios obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de enfoque en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

**TABLA 7**  
TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE ENFOQUE EN LAS IMÁGENES.

PROMEDIOS			
NÚMERO DE HILOS	TIEMPOS		
	720P	1080P	4K
1	0.207913	0.4670322	1.8007978
2	0.1122258	0.2439306	0.9223544
4	0.0620147	0.1317412	0.4792575
8	0.0378847	0.0689386	0.2482263
16	0.0347928	0.0646395	0.2294107

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 1.

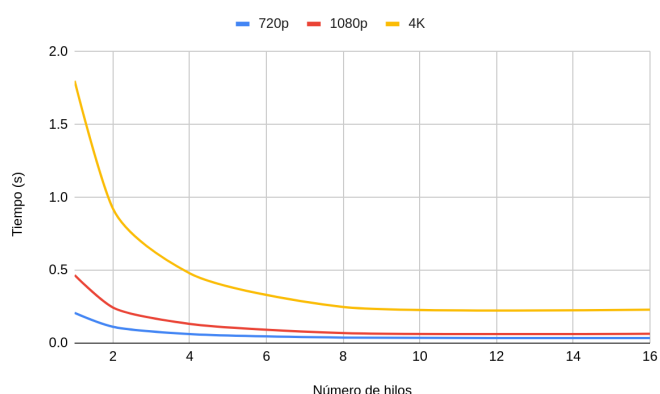


Figura 1. Gráfica de los tiempos de respuesta promedios para un filtro de enfoque en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

En la Tabla 8 se muestran los valores promedios obtenidos de los tiempos de respuesta al aplicar el filtro de desenfocado en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

**TABLA 8**  
TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE DESEFOQUE EN LAS IMÁGENES.

PROMEDIOS			
NÚMERO DE HILOS	TIEMPOS		
	720P	1080P	4K
1	4.248131	9.650722	38.687389
2	2.173632	4.881007	19.584628
4	1.122121	2.518464	10.083847
8	0.604513	1.404797	5.311275
16	0.561667	1.198984	4.795414

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 2.

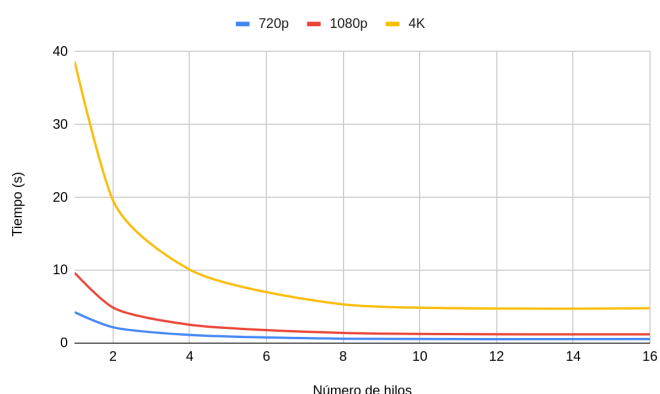


Figura 2. Gráfica de los tiempos de respuesta promedios para un filtro de desenfocado en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

En la Tabla 9 se muestran los valores obtenidos de los

mejores tiempos de respuesta al aplicar el filtro de enfoque en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

TABLA 9  
MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE DESENFQUE EN LAS IMÁGENES.

MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA			
NÚMERO DE HILOS	TIEMPOS		
	720P	1080P	4K
1	0.204444	0.459953	1.784614
2	0.110098	0.242454	0.913949
4	0.059726	0.127595	0.471709
8	0.033738	0.06786	0.245998
16	0.032012	0.061182	0.226686

En la Tabla 10 se muestran los valores obtenidos de los mejores tiempos de respuesta al aplicar el filtro de desenfoque en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

TABLA 10  
MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA PROMEDIO PARA FILTRO DE DESENFQUE EN LAS IMÁGENES.

MEJORES TIEMPOS DE RESPUESTA			
NÚMERO DE HILOS	TIEMPOS		
	720P	1080P	4K
1	4.20452	9.513144	38.140518
2	2.15699	4.837616	19.342566
4	1.110991	2.480291	9.9725
8	0.576617	1.299352	5.201094
16	0.532754	1.187087	4.781285

#### B. Speed Ups

Se procedió a calcular el Speed Up a partir de la ecuación (1) para cada uno de los filtros en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

En la Tabla 11 se muestran los valores obtenidos de los Speed Ups al aplicar el filtro de enfoque en cada una de las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

TABLA 11  
SPEED UPS PARA FILTRO DE ENFOQUE EN LAS IMÁGENES.

SPEED UPS			
NÚMERO DE HILOS	TIEMPOS		
	720P	1080P	4K
1	0.983315	0.984842	0.9910130
2	1.821720	1.885590	1.93484630
4	3.296702	3.491338	3.72370594

8	5.396479	6.671923	7.18946381
16	5.876043	7.115665	7.77912277

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 3.

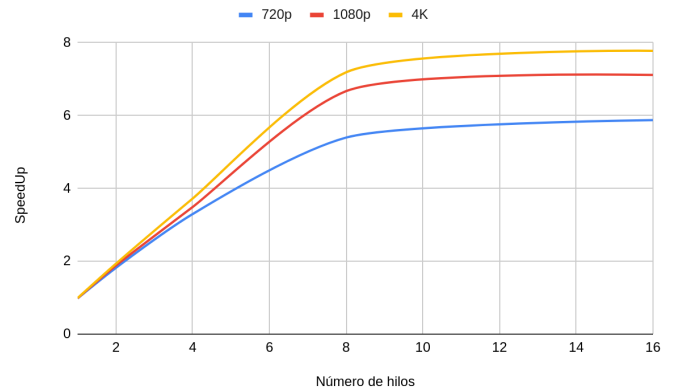


Figura 3. Gráfica de los Speed Ups para un filtro de enfoque en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

En la Tabla 12 se muestran los valores obtenidos de los Speed Ups al aplicar el filtro de desenfoque en cada una de las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

TABLA 12  
SPEED UPS PARA FILTRO DE DESENFQUE EN LAS IMÁGENES.

SPEED UPS			
NÚMERO DE HILOS	TIEMPOS		
	720P	1080P	4K
1	0.989734	0.985744	0.9858644
2	1.934329	1.949013	1.9474722
4	3.746941	3.777359	3.7823379
8	6.955224	6.771897	7.1810476
16	7.485789	7.934341	7.9535410

Con esta tabla se obtuvo la gráfica mostrada en la Figura 4.

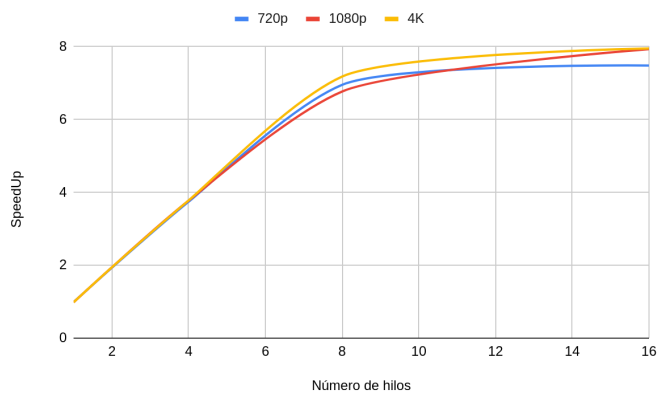


Figura 4. Gráfica de los Speed Ups para un filtro de desenfoco en las imágenes de 720p, 1080p y 4K.

Se observa que el tiempo de respuesta, a medida que el número de hilos utilizados para su ejecución aumenta, es menor al tiempo de respuesta del proceso secuencial, el cual en todos los casos es el mayor. Obteniendo un Speed Up mayor a medida que se aumentaba el número de hilos utilizados para la ejecución del proceso.

## V. CONCLUSIONES

- Se comprobó que el uso de OpenMP (2, 4, 8 y 16), de manera adecuada, ayuda en gran medida a reducir los tiempos de respuesta que puede tomar un programa.
- A medida que el tamaño de una imagen incrementa, el hecho de implementar métodos de paralelización es fundamental para lograr que los tiempos de respuesta sean menores a los que se pueden esperar en programas secuenciales.
- El uso de la librería OpenMP facilita en gran medida la paralelización de cualquier programa. Tomando menos variables y funciones que pueden complicar la programación y de esta forma lograr una paralelización exitosa.

## REFERENCIAS

- [1] O. Sergio y M. Vicente. *Introducción a la computación paralela con GPUs*. Alicante, España: Universidad de Alicante, 2014.