

# Reducción del tiempo de cómputo de la etapa de estimación de movimiento en algoritmos de codificación de vídeo

Para la realización de esta práctica se ha realizado varias pruebas.

El principal problema encontrado en el código han sido los bucles anidados `for`. Para intentar solventar el costo temporal de la ejecución de cada bucle se han realizado tres aproximaciones

1. **Optimización de Bucles:** En esta aproximación solo se han optimizado los bucles, no se han usado herramientas de paralelización
2. **OpenMP sin Optimización de Bucles:** En esta aproximación se ha usado únicamente la API de **OpenMP** para probar el tiempo de ejecución de los bucles sin optimizar
3. **OpenMP con Optimización de Bucles:** En esta aproximación se ha usado la API de **OpenMP**, junto con los bucles optimizados para probar el tiempo de ejecución de los bucles optimizar

## Sin OpenMP y con Bucles Optimizados

En una primera aproximación para mejorar el tiempo de cómputo. Se ha reescrito los bucles anidados.

El tiempo de cómputo de un bucle `for` es  $O(n)$ , siendo  $n$  en número de iteraciones realizadas. La complejidad de un bucle anidado es de  $O(n^2)$  siendo  $n$  el número de iteraciones y  $x$  la cantidad de `for` anidados.

El objetivo es reducir la complejidad del algoritmo en todo lo posible. En un primer momento se tenían seis bucles anidados, tras finalizar la optimización de los bucles, se tienen únicamente tres bucles anidados.

### Bucle sin modificar

```
for (unsigned int y = 0; y < HEIGHT; y += BS){
    for (unsigned int x = 0; x < WIDTH; x += BS){
        /* Calcular MSE para todos los bloques en el área de búsqueda.
           Las coordenadas en ref y act están alineadas. */
        for (unsigned char j = 0; j < 2 * SA; j++){
            for (unsigned char k = 0; k < 2 * SA; k++){
                /*Calcular MSE */
                float coste_bloque = MSE(&act[y * WIDTH + x], &ref[(y + j) * (WIDTH + 2 * SA) + (x + k)]);
                /* Podría haber una optimización. A igualdad de coste, elegir aquel cuyo vector de movimiento tenga la menor di
                if (coste_bloque < costes[y / BS][x / BS]){
                    costes[y / BS][x / BS] = coste_bloque;
                    Vx[y / BS][x / BS] = j - SA;
                    Vy[y / BS][x / BS] = k - SA;
                }
            }
        }
    }
}
```

### Bucle modificado

```
for (i = 0; i < (HEIGHT * WIDTH)/BS; i += BS){
    x = i % WIDTH;
    y = (i / WIDTH) * BS;
    /* Calcular MSE para todos los bloques en el área de búsqueda.
       Las coordenadas en ref y act están alineadas. */
    for (z = 0; z < 96 * SA; z++){
        /*Calcular MSE */
        j= z/ (2 * SA);
```

```

        k= z % (2 * SA);
        coste_bloque = MSE(&act[y * WIDTH + x], &ref[(y + j) * (WIDTH + 2 * SA) + (x + k)]);
        /* Podría haber una optimización. A igualdad de coste, elegir aquel cuyo vector de movimiento tenga la menor dist
        if (coste_bloque < costes[y / BS][x / BS]){
            costes[y / BS][x / BS] = coste_bloque;
            Vx[y / BS][x / BS] = j - SA;
            Vy[y / BS][x / BS] = k - SA;
        }
    }
}

```

### Bucle sin modificar

```

float MSE(unsigned char *bloque_actual, unsigned char *bloque_referencia){
    float error = 0;
    for (unsigned char y = 0; y < BS; y++){
        for (unsigned char x = 0; x < BS; x++){
            error += pow((bloque_actual[y * WIDTH + x] - bloque_referencia[y * (WIDTH + 2 * SA) + x]), 2);
        }
    }
    return error / (BS*BS);
}

```

### Bucle modificado

```

float MSE(unsigned char *bloque_actual, unsigned char *bloque_referencia){
    float error = 0;
    int i=0;
    unsigned char x,y, z;
    for (i= 0; i < BS*BS; i++){
        y= i/ BS;
        x= i % BS;
        error += pow((bloque_actual[y * WIDTH + x] - bloque_referencia[y * (WIDTH + 2 * SA) + x]), 2);
    }
    return error / (BS*BS);
}

```

## Conclusiones

### Tiempo de ejecución sin optimizar los bucles

```

altasPrestaciones@altasPrestaciones:~/AltasPrestaciones/Final$ ./fsbma

> Tiempo Total: 80.092631

```

### Tiempo de ejecución con los bucles optimizados

```

altasPrestaciones@altasPrestaciones:~/AltasPrestaciones/Final$ ./fsbma

> Tiempo Total:79.245109

```

Como se puede apreciar. La diferencia de los tiempos de ejecución, solo modificando los bucles no es significativa. **No hay casi diferencia en tiempo de ejecución entre los bucles optimizado y los sin optimizar.**

No se aprecia la optimización de los bucles anidados ya que creemos que, al ser un código pequeño, la complejidad del algoritmo no influye mucho en el tiempo final.

## Con OpenMP y sin Bucles Optimizados

---

En esta segunda aproximación se quiere probar el tiempo de ejecución del algoritmo haciendo uso únicamente de la API de OpenMP.

### Parámetros optimizados

---

#### Bucle principal

```
#pragma omp parallel for private(x,y,j,k,z, coste_bloque) schedule(dynamic) num_threads(hilos)
```

- **num\_threads(hilos):** Asigna el número de hilos introducidos por la entrada de texto para la ejecución de la sección paralela
- **Pragma omp parallel for:** Indica que el bucle se ejecutará con los hilos indicados anteriormente
- **Scheduler:** Aquí definimos la forma de planificar las iteraciones de los bloques, en este caso no se han observado diferencias significativas, por lo que se ha decidido mantener el modo dinámico
- **Variables privadas:**
  - **X:** Corresponde con el valor de la anchura de la imagen, su rango es de 0-1280
  - **Y:** Corresponde con el valor de la altura de la imagen, su rango es de 0-720
  - **J:** Usada en el bucle interior, cuyo rango es 96 \*16
  - **K,Z:** Usadas para calcular el ME, su rango va de 0-32
  - **Coste\_bloque:** Variable que almacena el resultado de la función MSE

#### Bucle de la función MSE

```
#pragma omp reducer(+:error) parallel for private(x,y) schedule(dynamic) num_threads(hilos)
```

- **num\_threads(hilos):** Asigna el número de hilos introducidos por la entrada de texto para la ejecución de la sección paralela
- **Pragma omp parallel for:** Indica que el bucle se ejecutará con los hilos indicados anteriormente
- **Scheduler:** Aquí definimos la forma de planificar las iteraciones de los bloques, en este caso no se han observado diferencias significativas, por lo que se ha decidido mantener el modo dinámico
- **Reducer (+:error):** Cláusula específica de openmp para indicar la reducción de un bucle.
- **Variables privadas:**
  - **X,Y:** Usado para calcular el error, sus rangos son de 0-16

## Con OpenMP y Bucles Optimizados

---

En esta tercera aproximación se quiere probar el tiempo de ejecución del algoritmo haciendo uso de la API de OpenMP y la Optimización de Bucles realizada.

### Parámetros optimizados

---

#### Bucle principal

```
#pragma omp parallel for private(x,y,j,k,z, coste_bloque) schedule(dynamic) num_threads(hilos)
```

- **num\_threads(hilos):** Asigna el número de hilos introducidos por la entrada de texto para la ejecución de la sección paralela
- **Pragma omp parallel for:** Indica que el bucle se ejecutará con los hilos indicados anteriormente

- **Scheduler:** Aquí definimos la forma de planificar las iteraciones de los bloques, en este caso no se han observado diferencias significativas, por lo que se ha decidido mantener el modo dinámico
- **Variables privadas:**
  - **X:** Corresponde con el valor de la anchura de la imagen, su rango es de 0-1280
  - **Y:** Corresponde con el valor de la altura de la imagen, su rango es de 0-720
  - **J:** Usada en el bucle interior, cuyo rango es 96 \*16
  - **K,Z:** Usadas para calcular el ME, su rango va de 0-32
  - **Coste\_bloque:** Variable que almacena el resultado de la función MSE

## Bucle de la función MSE

```
#pragma omp reducer(+:error) parallel for private(x,y) schedule(dynamic) num_threads(hilos)
```

- **num\_threads(hilos):** Asigna el número de hilos introducidos por la entrada de texto para la ejecución de la sección paralela
- **Pragma omp parallel for:** Indica que el bucle se ejecutará con los hilos indicados anteriormente
- **Scheduler:** Aquí definimos la forma de planificar las iteraciones de los bloques, en este caso no se han observado diferencias significativas, por lo que se ha decidido mantener el modo dinámico
- **Reducer (+:error):** Cláusula específica de openmp para indicar la reducción de un bucle.
- **Variables privadas:**
  - **X,Y:** Usado para calcular el error, sus rangos son de 0-16

## Resultados obtenidos

Para comprobar la optimización de código haciendo uso de OpenMP, se van a realizar varias ejecuciones modificando el número de los hilos

Los resultados obtenidos en la columna de **Tiempo Optimizado**, es la media aritmética del resultado obtenido tras 10 ejecuciones

### Scheduler Dinámico

	Tiempo sin optimizar	Tiempo optimizado
2 Hilos	80.092631	40.457573
4 Hilos	80.092631	20.006617
8 Hilos	80.092631	12.962127
16 Hilos	80.092631	12.998002
32 Hilos	80.092631	12.946937
64 Hilos	80.092631	12.465711
128 Hilos	80.092631	12.279916
256 Hilos	80.092631	12.041000
512 Hilos	80.092631	11.860091

### Scheduler Estático

	Tiempo sin optimizar	Tiempo optimizado
--	----------------------	-------------------

	Tiempo sin optimizar	Tiempo optimizado
2 Hilos	80.092631	42.355106
4 Hilos	80.092631	20.713961
8 Hilos	80.092631	13.325617
16 Hilos	80.092631	12.817600
32 Hilos	80.092631	12.532386
64 Hilos	80.092631	12.728742
128 Hilos	80.092631	12.201151
256 Hilos	80.092631	11.997898
512 Hilos	80.092631	11.897121

## Conclusiones

- **Scheduler Estático VS Scheduler Dinámico:** Comparando en tiempo de ejecución de la paralelización con los dos Scheduler
  - **Scheduler Estático:** Mejora con un número elevado de hilos, pero empeora con un número bajo de hilos
  - **Scheduler Dinámico:** Mejora con un número bajo de hilos, pero empeora con un número alto de hilos

## Problemas encontrados

1- Problema con el cálculo de tiempo

```
clock_gettime(CLOCK_PROCESS_CPUTIME_ID,&inicio);
```

2- Error con **collapse** en scheduler