**Ejemplo 1 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 80px, brazo de 2 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corridas** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 88.6 | n/a | n/a |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 90.6 | n/a | n/a |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 95.6 | n/a | n/a |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 97.3 | n/a | n/a |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 36 | n/a | n/a |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 35.6 | n/a | n/a |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 38.6 | n/a | n/a |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 39.3 | n/a | n/a |

**Ejemplo 2 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 45px, brazo de 2 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corridas** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 38 | n/a | n/a |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 37.6 | n/a | n/a |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 46 | n/a | n/a |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 45.6 | n/a | n/a |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 16 | n/a | n/a |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 15.6 | n/a | n/a |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 18.6 | n/a | n/a |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 18 | n/a | n/a |

**Ejemplo 3 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 61px, brazo de 2 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corridas** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 74 | n/a | n/a |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 71 | n/a | n/a |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 85.3 | n/a | n/a |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 84.6 | n/a | n/a |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 32 | n/a | n/a |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 32 | n/a | n/a |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 35.3 | n/a | n/a |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 35 | n/a | n/a |

**Ejemplo 4 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 66px, brazo de 2 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corridas** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 56.3 | n/a | n/a |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 55.3 | n/a | n/a |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 63.6 | n/a | n/a |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 64.3 | n/a | n/a |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 23.3 | n/a | n/a |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 23.3 | n/a | n/a |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 26.3 | n/a | n/a |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 26.6 | n/a | n/a |

Los ejemplos anteriormente construidos, pensamos que podrían resultar interesantes, pues pueden mostrar el comportamiento de un brazo que intenta llegar a su objetivo y no lo logra por sus características físicas. En ellos se evidencia de forma práctica que el algoritmo propuesto garantiza que el brazo no colisiona con ningún obstáculo, aunque éste le prohíba totalmente llegar a su objetivo, como es el caso del último ejemplo.

**Ejemplo 5 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 52px, brazo de 2 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corridas** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 34.3 | 0.60 | 1.10 |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 36.6 | 0.75 | 1.00 |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 45.3 | 1.23 | 2.36 |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 45 | 1.06 | 1.25 |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 16 | 0.9 | 1.99 |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 15.3 | 0.69 | 0.90 |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 18.6 | 1.12 | 1.56 |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 18.3 | 1.14 | 0.68 |

**Ejemplo 6 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 60px, brazo de 3 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corrida** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 49.3 | 1.03 | 0.96 |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 54 | 1.26 | 0.62 |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 65.6 | 1.58 | 1.70 |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 66.6 | 1.40 | 0.65 |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 25.3 | 2.01 | 1.22 |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 25.3 | 3.50 | 0.58 |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 25.6 | 3.71 | 1.03 |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 28 | 2.59 | 1.62 |

**Ejemplo 7 (objetivo no alcanzable, distancia a recorrer: 58px, brazo de 2 enlaces):**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Corrida** | **Particulas** | **Epsilon** | **MI** | **Tiempo (seg)** | **Distancia promedio por etapas** | **distancia final ee - obj.** |
| 1-5 | 25 | 0.1 | 25 | 44.3 | 0.80 | 1.20 |
| 6-10 | 25 | 0.1 | 50 | 43.3 | 0.71 | 1.03 |
| 11-15 | 25 | 0.001 | 25 | 53 | 1.17 | 1.17 |
| 16-20 | 25 | 0.001 | 50 | 52 | 1.31 | 0.96 |
| 21-25 | 10 | 0.1 | 25 | 18.3 | 0.96 | 1.39 |
| 26-30 | 10 | 0.1 | 50 | 18.3 | 1.07 | 1.06 |
| 31-35 | 10 | 0.001 | 25 | 22 | 1.27 | 1.01 |
| 36-40 | 10 | 0.001 | 50 | 22 | 1.29 | 1.43 |

En los resultados obtenidos se puede ver como el factor más importante a tener en cuenta a la hora de esperar buenos tiempos de ejecución es el de la cantidad de partículas utilizadas en el filtro. Debe tenerse en cuenta que si este número se escoge muy pequeño, pueden obtenerse resultados no esperados, o sea, puede que el algoritmo en ese caso sea sensible a la posición inicial del brazo mecánico. También influyó la el parámetro sigma (σ) utilizado para la generación de partículas siguiendo una distribución de probabilidad normal (µ=1, σ=0.03). Esto hace que las partículas se generen cada vez más parecidas unas con otras, y por consiguiente los valores promedios de cercanía mejoran, pero en detrimento del tiempo de ejecución.

La tolerancia que se le pida al efector final que se acerque a cada objetivo intermedio (es la que hará que el efector final siga la trayectoria óptima previamente calculada de la mejor manera posible) jugó un papel importante en los tiempos de ejecución. Mientras más se restrinja este aspecto, más iteraciones tendrá que realizar el filtro a lo largo del camino.

Los tiempos de ejecución aún no son los que realmente debemos esperar. El problema radica en que el paso de transformar los datos de entrada para el filtro de partícula para que puedan ser ejecutados por una librería de MATLAB y luego interpretar la salida de ésta (en cada nodo del camino), es muy lento. En estos momentos se está trabajando en la implementación de un módulo de filtros de partículas programado completamente en .NET, con el cual se espera mejore considerablemente la eficiencia del algoritmo.