

Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Grau en Enginyeria Informàtica

PROJECTE FINAL DE GRAU

Mapes de Cobertura en Entorns amb Obstacles

Autor:
Oriol Balló Gimbernà

Tutors:
Dr. Narcís Coll
Dra. Marta Fort

RESUM

Convocatòria:
Juny 2023

Departament :
Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Projecte: Projecte Final de Grau
Document: Resum
Títol: Mapes de Cobertura en Entorns amb Obstacles
Autor: Oriol Balló Gimbernat
Data: Juny 2023

Estudi:
Grau en Enginyeria Informàtica
Universitat de Girona

Supervisor 1:
Dr. Narcís Coll
Universitat de Girona
Email: narcis.coll@udg.edu

Supervisor 2:
Dra. Marta Fort
Universitat de Girona
Email: marta.fort@udg.edu

1. Introducció

Aquest projecte és una continuació de la recerca realitzada al GILab de la Universitat de Girona pel doctor Narcís Coll i la doctora Marta Fort sobre problemes de cobertura de la branca de la informàtica i matemàtiques coneguda com a geometria computacional.

Els problemes de cobertura tracten de, donada una distribució de serveis, determinar quines regions d'un domini queden cobertes. Hi ha variants d'optimització d'aquest problema on s'afegeixen graus de llibertat, per exemple: intentant trobar la millor distribució d'un nombre fix de serveis o la millor amb el mínim nombre possible d'aquests. En tots els casos la solució és un mapa de cobertura, una representació gràfica que ens permet determinar quines són les regions cobertes per com a mínim un servei.

En aquest tipus de problemes es considera que un punt està cobert per un servei si existeix algun camí de longitud menor o igual al radi d'abast d'aquest que els connecti. En entorns sense obstacles això implica que la cobertura de cada servei sigui una circumferència del mateix radi que aquest, ja que tots els camins que arribin al servei seran línies rectes de la mateixa longitud. Quan treballem en entorns amb obstacles ja no podem assegurar que l'àrea coberta per qualsevol servei sigui sempre una circumferència. En aquest cas podem trobar-nos camins que hagin de vorejar obstacles per tal d'arribar al seu objectiu i, per tant, passin de ser rectes a poligonals que creuen per les cantonades dels obstacles.

Els mapes de cobertura tenen un ampli rang d'aplicacions tant al sector públic com al privat, ja que es poden aplicar a qualsevol classe de servei que tingui un cert rang d'abast, tant real o com imposat, des de punts de càrrega de robots on podem voler que cada robot operi com a molt X distància d'un d'aquests, p. ex. robots Roomba, fins a *kits* de primers auxilis que volem que estiguin a un temps/distància raonable de cada sala d'un edifici. En ambdós casos estem buscant un mapa de cobertura que maximitzi aquesta. Addicionalment, aquest ens permetrà prendre decisions sobre el nombre de serveis que necessitem i la qualitat d'aquests (rang d'abast), ja que a partir del mapa podem determinar que en necessitem més o que amb menys ja en fariem prou perquè hi ha un alt nivell de coincidència.

En aquest projecte es presenta una solució per l'obtenció de mapes de cobertura en entorns en obstacles basada en una modificació de l'algoritme de Bellman-Ford en paral·lel que aprofita la capacitat de còmput de la GPU i una tècnica d'optimització basada en un algoritme genètic per trobar distribucions de serveis que maximitzin la cobertura.

2. Objectius

El primer i principal propòsit del projecte és desenvolupar un programa que utilitzant les capacitats computacionals de la GPU permeti, eficientment: calcular mapes de cobertura d'entorns amb obstacles i trobar distribucions de serveis que en maximitzin la cobertura. Alhora, el segon propòsit és que la presentació de resultats sigui clara i fàcilment interpretable.

Els objectius específics són:

- dissenyar i implementar, utilitzant la GPU, un algoritme que permeti calcular mapes de cobertura en entorns en obstacles.
- implementar mitjançant algoritmes genètics l'obtenció de solucions òptimes que maximitzin la cobertura per un cert nombre de serveis.
- desenvolupar una interfície gràfica que permeti fer servir diferents paràmetres d'execució i visualitzar els resultats.

3. Requisits del sistema

Pel que fa als requisits que es vol que tingui el sistema desenvolupat estan dividits en funcionals i no funcionals.

Requisits funcionals:

- El sistema accepta imatges de plànols com a *input*.
- El sistema accepta imatges de polígons com a *input*.
- El sistema calcula mapes de cobertura.
- El sistema troba solucions aproximades del **MCLP**.
- El sistema mostra el temps d'execució.
- El sistema mostra el percentatge de cobertura.
- El sistema mostra el mapa de cobertura calculat.
- El sistema guarda el mapa de cobertura calculat.
- L'usuari pot configurar nombre de serveis.
- L'usuari pot configurar radi d'abast dels serveis.
- L'usuari pot entrar manualment una distribució de serveis.
- L'usuari pot guardar una representació binària del domini.
- L'usuari pot guardar el contingut de les iteracions de l'algoritme en format `.txt`.
- L'usuari pot configurar el nombre de generacions de l'algoritme genètic.

- L'usuari pot configurar la mida de la població de l'algoritme genètic.
- L'usuari pot configurar la probabilitat de mutació de l'algoritme genètic.
- L'usuari pot configurar la condició de finalització de l'algoritme genètic.

Requisits no funcionals:

- El sistema utilitza algorismes eficients per calcular mapes de cobertura.
- El sistema utilitza la GPU per accelerar càlculs.
- El sistema troba solucions òptimes del **MCLP** en temps raonable.
- L'usuari utilitza la interfície gràfica per interactuar amb el sistema.

4. Desenvolupament del projecte

El problema a tractar en aquest projecte és el càlcul de mapes de cobertura en obstacles i utilitzar la solució d'aquest per llavors tractar el problema de localització de serveis per la cobertura màxima (**MCLP**) mitjançant un algoritme genètic.

El procés d'obtenció del mapa de cobertura d'un conjunt de serveis rep com a entrada una imatge, que representa el domini que es vol cobrir, el radi d'abast dels serveis i la seva distribució. El domini s'obté extraient la frontera i els obstacles de la imatge mitjançant un mètode conegut com a descomposició en cel·les. Aquesta informació es guarda en una matriu on cada punt, píxel de la imatge o element de la matriu, està classificat com a espai lliure o ocupat. La distribució dels serveis es llegeix de la interfície d'usuari o es genera de manera aleatòria a partir del nombre de serveis que es volen col·locar.

El resultat és el mapa de cobertura corresponent, representat com una matriu de les mateixes dimensions que el domini, on cada punt està classificat com a punt cobert o no cobert i el percentatge d'àrea coberta respecte el total de punts lliures del domini.

Aquest resultat s'utilitza llavors com a funció objectiu de l'algorisme genètic. És a dir, el percentatge de punts coberts sobre punts interiors associat a una distribució de serveis és la funció a optimitzar.

En el projecte es descriu l'anàlisi i disseny de la solució, així com la implementació dels diferents algorismes i desenvolupament de la interfície gràfica.

Les eines i tecnologies utilitzades pel desenvolupament són les mostrades a la següent figura:



FIGURA 1: Eines i tecnologies utilitzades

5. Resultats

Els resultats finals són satisfactoris. A la [Figura 2](#) es poden veure alguns dels resultats obtinguts, tant del càlcul de mapes de cobertura com d'obtenció de solucions òptimes.

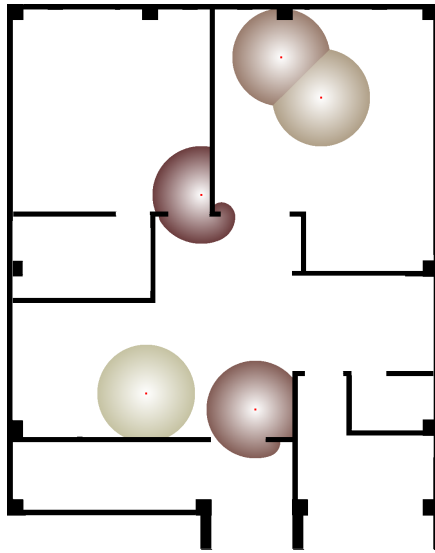
6. Conclusions

Els objectius del projecte consistien a desenvolupar una solució per tractar el problema de càlcul de mapes de cobertura utilitzant la capacitat de còmput de les GPU, i emprar-la per trobar solucions òptimes per al problema **MCLP**.

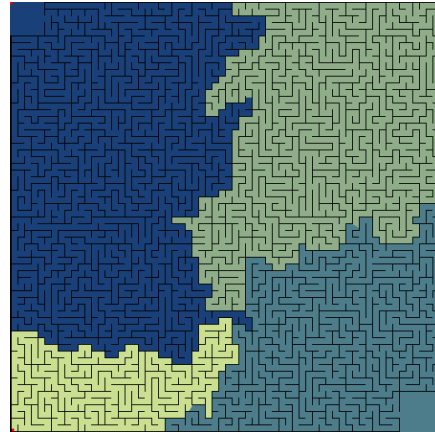
Malgrat que no s'ha pogut acabar de solucionar el problema de les propagacions il·legals, i ha sigut necessari introduir un costós mecanisme addicional per evitar-los, s'han acabat obtenint resultats concordes amb els objectius plantejats, tot i que no s'hagin obtingut de la manera més eficient possible. De totes maneres, tenint en compte el punt de partida del projecte, el caràcter de les complicacions trobades i els resultats que s'ha exposat a la secció anterior es considera que els objectius han sigut assolits satisfactòriament.

Tant en l'àmbit personal com acadèmic he acabat molt satisfet amb el desenvolupament del projecte. He après CUDA des de zero i nous conceptes de C++, que he pogut aplicar a un problema amb aplicacions reals. Alhora he pogut treballar en un entorn d'investigació fabulós que m'ha donat l'oportunitat de contribuir a un projecte de recerca, en el que s'ha elaborat un paper, que ha sigut acceptat al *XX Spanish Meeting on Computational Geometry*, on s'utilitza la solució desenvolupada en aquest projecte.

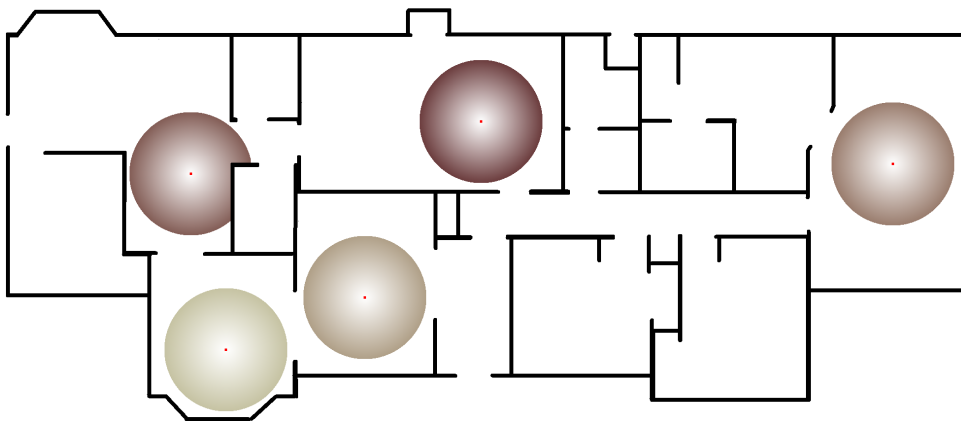
Adicionalment, aquesta experiència m'ha servit per tenir encara més clar el meu futur acadèmic i professional.



(A) Mapa de cobertura d'un plànol amb 5 seus.



(B) Mapa de cobertura de quatre seus col·locades una a cada cantonada d'un laberint



(C) Mapa de cobertura òptim d'un plànol amb 5 seus.

FIGURA 2: Resultats