

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Informàtica

Títol: Resolució de problemes de cobertura màxima amb múltiples cercles

Document: Resum

Alumne: Moisès Saus Ten

Tutor: Marta Fort i Masdevall / Narcís Coll Arnau

Departament: Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Àrea: LSI / MA

Convocatòria (mes/any): Juny 2019

Escola Politècnica Superior
Universitat de Girona

Resolució de problemes de cobertura màxima amb múltiples cercles

TREBALL FINAL DE GRAU
GEINF

Document: Memòria

Autor: Moisès Saus Ten

Departament: Informàtica, Matemàtica Aplicada i Estadística

Grup de recerca: Laboratori de Gràfics i Imatge (GiLab)

Convocatòria: Juny 2019

1. Introducció

El present projecte és una continuació de la recerca en el camp de la Geometria Computacional dels doctors Narcís Coll, Marta Fort i J. Antoni Sellarès (Coll, Fort, & Sellarès, 2019) del grup de recerca Graphics & Imaging laboratory (GILab) de la UdG que tracta de resoldre una de les múltiples variants dels problemes de cobertura.

Els problemes de cobertura s'ocupen de la col·locació d'un conjunt limitat de recursos per tal de cobrir una demanda optimitzant una funció objectiu. Com per exemple maximitzar cobertura minimitzar costos o distància de viatge, etc. Els elements d'aquest conjunt limitat d'instal·lacions podrien ser torres de telefonia, sirenes d'advertència, etc. Aquest tipus d'instal·lacions sovint poden ubicar-se a quasi qualsevol lloc, ja que poden muntar-se en pals d'electricitat, antenes o estructures ja existents. Els problemes de cobertura són de gran aplicabilitat al planificar la ubicació de les instal·lacions tant en el sector públic com en el sector privat.

El problema és difícil de resoldre i molt costós computacionalment perquè poden considerar-se un nombre infinit de localitzacions, tant per la demanda del servei com per a les ubicacions de les instal·lacions. Per tant, les tècniques d'optimització estàndard per als models de localització discrets no són aplicables a aquest problema i requereixen noves tècniques eficients per a la solució del problema.

La programabilitat i les altes taxes computacionals de les Unitats de Processament Gràfic (GPU) les converteixen en una plataforma potent per a tasques computacionalment exigents on es necessita processar una gran quantitat de dades o realitzar una gran quantitat d'operacions. La capacitat de processament paral·lel de la GPU permet dividir tasques complexes de computació en milers de tasques més petites que es poden executar simultàniament.

Les GPUs s'han convertit ràpidament en un estàndard de la indústria que potencia milers d'ordinadors i estacions de treball de tot el món. En particular, la computació de propòsit general en les GPUs, conegut com a GPGPU per les seves sigles en anglès General-Purpose Computing on Graphics Processing Units, està atraient l'atenció dels investigadors. I s'utilitzen en molts camps computacionals que van des de les operacions numèriques de computació i simulacions físiques, fins a la bioinformàtica, mineria de dades i processament de geometria, ja que redueixen dràsticament els temps d'execució.

En (Coll, Fort, & Sellarès, 2019) es presenta una manera de resoldre el problema d'ubicar un únic recurs per cobrir una zona delimitada per segments de recta i arcs de circumferència utilitzant les GPU en el procés. El present projecte pretén prendre aquest punt de partida i ubicar no un únic recurs, sinó k recursos i distribuir-los de tal manera que obtinguin una cobertura màxima d'una regió de demanda, delimitada només per segments de recta utilitzant la GPU en el procés.

2. Objectius

El principal propòsit del projecte és desenvolupar una eina que sigui capaç de trobar una solució òptima i de forma eficient a un problema de cobertura on es busca trobar la màxima cobertura en una àrea donat un nombre k de recursos. Un segon propòsit és el de la presentació de les dades i els resultats, de tal manera que sigui fàcil per a un usuari utilitzar i interpretar els resultats.

Partint d'aquests propòsits sorgeixen tres objectius. Un d'ells és trobar un algorisme eficient que s'adeqüi a la morfologia del problema i que al mateix temps es pugui paral·lelitzar. La cerca de la millor estratègia per a la paral·lelització d'aquest algorisme amb les targetes gràfiques és un segon objectiu. I per últim la presentació de les dades i els resultats. Es pretén desenvolupar una interfície per a visualitzar la informació obtinguda, amb la finalitat que aquesta sigui fàcilment utilitzable.

3. Requisits de l'aplicació

Pel que fa als requisits que es vol que tingui el nostre software final es poden dividir en funcionals i no funcionals.

Requisits funcionals:

- El sistema genera una solució al problema CMCP amb k cercles.
- L'usuari pot configurar una nova cerca de solució.
- L'usuari pot generar una nova cerca.
- L'usuari pot guardar resultats.
- L'usuari pot rotar la imatge.
- L'usuari pot fer zoom a la imatge.
- L'usuari pot moure la imatge.
- L'usuari pot guardar la imatge del resultat.

Requisits no funcionals:

- El sistema utilitza l'algorisme Simulated Annealing per cercar una solució.
- El sistema utilitza GPU per cercar una solució.
- L'usuari utilitza una interfície gràfica d'usuari per a l'execució del programa.

Pel que fa als requisits tècnics, només n'hi ha un i és que es necessita un ordinador amb una targeta gràfica compatible amb CUDA amb una *Compute Capability* de 3.5 o superior.

4. Desenvolupament del projecte

El problema a tractar és el problema de cobertura màxima continua amb múltiples facilitats, en una zona de demanda distribuïda uniformement en un domini poligonal P que pot tenir forats. Considerem k recursos en forma de disc D_i amb centre c i radi r_i , un disc per a cada recurs. Els recursos poden ubicar-se en qualsevol lloc del pla i els recursos no estan necessàriament completament continguts dintre de P . Anomenarem B al rectangle que conté P (Figura 1).

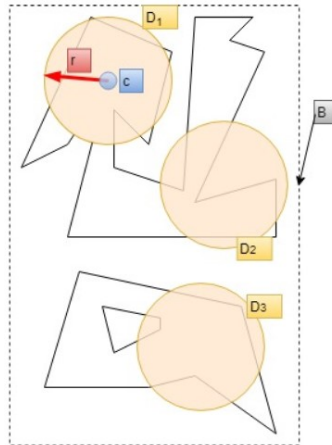


Figura 1. Exemple domini poligonal parcialment cobert per tres cercles.

Per a la cerca d'una solució s'utilitza l'algorisme Simulated Annealing. Aquest algorisme és una mescla entre l'algorisme Hill-Climbing i un algorisme totalment aleatori. L'algorisme Hill-Climbing és un algorisme incomplet, ja que pot estancar-se en màxims locals i no assolir un màxim global. Per altra banda, un algorisme que prengués solucions completament aleatòries seria complet però totalment ineficient.

En el projecte es descriuen les diferents estratègies implementades per a la paral·lelització del problema, així com la implantació d'una plataforma per analitzar els resultats obtinguts i el desenvolupament d'una interfície gràfica que faci fàcil l'execució i la interpretació dels resultats.

5. Resultats

Els resultats finals són satisfactoris. En la Figura 2 i la Figura 3 es mostren alguns exemples de proves fetes a la ciutat de Los Angeles, Califòrnia, EE.UU. i Dublin, Ohio, EE.UU. on a simple vista es pot veure que s'aconsegueixen solucions òptimes. La Figura 4 i la Figura 5 mostren la plataforma per analitzar dades i resultats i la interfície gràfica de l'aplicació respectivament.

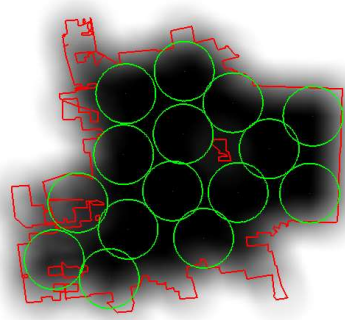


Figura 3. Solució trobada amb 15 cercles de radi 0,18

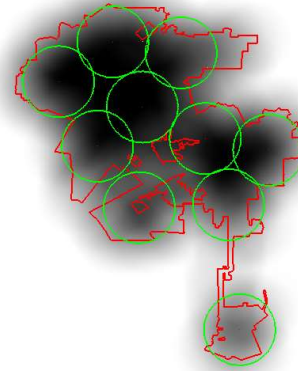


Figura 2. Solució trobada amb 10 cercles de radi 0,2

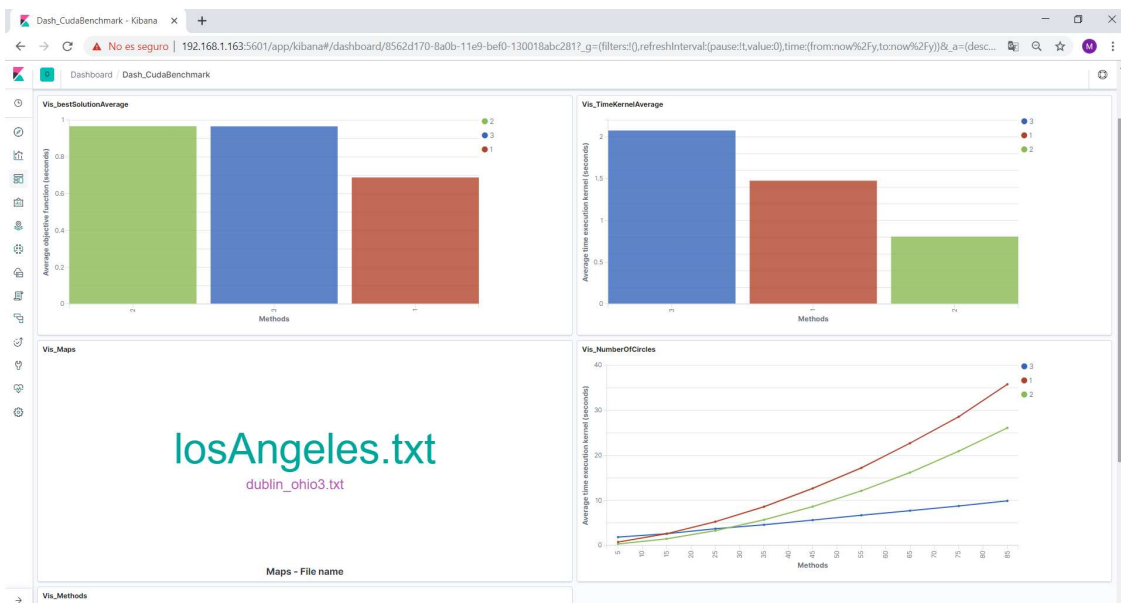


Figura 4. Plataforma per analitzar resultats

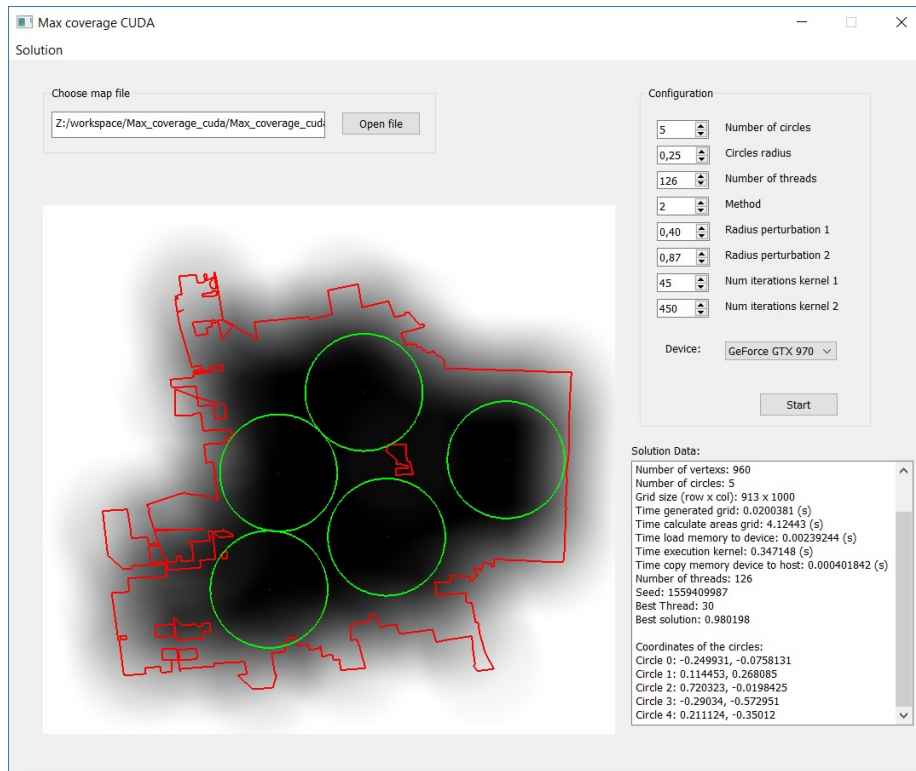


Figura 5. Interfície gràfica de l'aplicació

6. Conclusions

Els objectius del projecte consistien a desenvolupar una eina que fos capaç de trobar una solució òptima al problema CMCP amb k facilitats d'una manera eficient, utilitzant les capacitats de les GPU, que fos fàcil d'utilitzar i que a més representés els resultats d'una forma senzilla. Per tant, un cop analitzats els resultats, els temps d'execució i la interfície gràfica es considera l'assoliment dels objectius.

Tot i que no s'ha trobat un valor predeterminat pels paràmetres d'entrada "radi de pertorbació" que funcioni per a totes les combinacions de mapes, nombres de cercles i radi de cercle, sí que s'ha acotat aquest valor i a més s'ha implantat un sistema que ens facilita l'estudi del comportament d'aquests, en aquest cas el stack ELK.

Pel que fa a les conclusions personals estic molt satisfet amb aquest projecte, ja que deixant de banda els coneixements adquirits d'OpenGL i QT, he après des de zero una tecnologia com CUDA, per la que ja sentia curiositat, i aplicar-la a un problema i que funcioni ha estat un repte. També he tingut el plaer de treballar dins d'un equip d'investigació fantàstic que m'ha anat guiant i que està pendent d'una publicació en referència a aquest projecte i que s'adjunta en l'Annex A.