
Polunetsintäalgoritmit (väliaikainen otsikko)

TkK-tutkielma
Turun yliopisto
Tietotekniikan laitos
Labran nimi
2023
Botond Ortutay

TURUN YLIOPISTO
Tietotekniikan laitos

BOTOND ORTUTAY: Polunetsintäalgoritmit (väliaikainen otsikko)

TkK-tutkielma, 9 s., 1 liites.

Labran nimi
Helmikuu 2023

Tähän abstrakti

Asiasanat: tähän, lista, avainsanoista

UNIVERSITY OF TURKU
Department of Computing

BOTOND ORTUTAY: Polunetsintäalgoritmit (väliaikainen otsikko)

Bachelor's Thesis, 9 p., 1 app. p.

Laboratory Name

2 2023

English abstract here

Keywords: here, a, list, of, keywords

Sisällys

1	Johdanto	1
1.1	Tutkielman tarkoitus	1
1.2	Tutkimuskysymykset	1
1.3	Tiedonhakumenetelmät	2
1.4	Tutkielman rakenne	2
2	Taustoitus	3
2.1	Polunetsintä ongelmana	3
2.2	Algoritmeista	4
2.3	Esimerkkejä sovelluskohteista	5
3	Joitain polunetsintäalgoritmeja	6
3.1	Dijkstran algoritmi	6
3.2	A*-algoritmi	6
4	Algoritmien sovelluskohteita	7
4.1	Videopelit	7
4.2	Karttaohjelmat	7
5	Eräiden algoritmien tehokkuuden tarkastelu esimerkkipongelmassa	8
6	Yhteenveto	9

Lähdeluettelo	10
Liitteet	
A Liitedokumentti placeholder	A-1

1 Johdanto

1.1 Tutkielman tarkoitus

Suunnitelma kappaleelle 1.1:

- *Harkittu ja kiinnostava aloitus*
- *Käy lyhyesti ja yksinkertaisesti läpi seuraavat asiat:*
 - *Polunetsintäalgoritmejä tarvitaan kun...*
 - *Polunetsintä käsitteenä*
 - *Miski kirjoitin kandidityön juuri tästä aiheesta? (tutkielman perustelu)*
- *Päätä kappale jotenkin näin:*

"Tutkielman tarkoitus on esitellä lukijalle erilaisia polunetsintäalgoritmeja, sekä verrata niiden toimintaa jossakin esimerkkiympäristössä"

1.2 Tutkimuskysymykset

Tutkielmassa pyritään vastaamaan seuraaviin kysymyksiin:

1. **Tutkimuskysymys:** Minkälaisia polunetsintäalgoritmeja on kehitetty?
2. **Tutkimuskysymys:** Miten niitä voidaan käyttää käytännön sovelluksiin?
3. **Tutkimuskysymys:** Miten niiden tehokkuutta voidaan mitata?

1.3 Tiedonhakumenetelmät

Tietoa tämän tutkielman tekoon on haettu IEEE:n Xplore Digital Center-tietokannasta, Web of Science-tietokannasta, sekä Google Scholar-hakupalvelusta. Hakutuloksia rajattiin julkaisuaajan mukaan niin, että suurin osa hakutuloksista on julkaistu vuona 2018 tai sen jälkeen. Myös aihepiirirajausta on käytetty. Hakusanoissa on käytetty osuvempien tulosten löytämiseksi Boolean operaattoreita, sekä sanakatkaisua. Alla on muutama esimerkki käytetyistä hakusanoista:

```
pathfinding AND (grid based OR graph theory) AND "map*"
"pathfinding"AND "video gam*"
comparing AND "pathfinding algorithms"
```

1.4 Tutkielman rakenne

Tutkielman luku 2 taustoittaa seuraavia lukuja. Tarkoitus on, että luvun 2 lukemisen jälkeen lukijalle tulisivat tutuksi polunetsintään liittyvät peruskäsitteet ja taustaihteet, jotta seuraavien lukujen ymmärtäminen helpottuisi. Luvussa 3 käydään läpi muutaman tunnetun polunetsinnän toiminta ja täten pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen **1**. Luvussa 4 käydään läpi joitakin polunetsintäalgoritmien yleisiä käyttökohteita ja pyritään vastaamaan tutkimuskysymykseen **2**. Luvussa 5 taas mitataan useiden eri polunetsintäalgoritmien tehokkuus eräässä esimerkkiongelmassa ja vertaillaan niitä tämän avulla toisiinsa. Lopussa olevassa yhteenvetokappaleessa 6 tulokset kootaan vielä yhteen ja esitetään helpommin luettavassa muodossa.

2 Taustoitus

2.1 Polunetsintä ongelmana

Polunetsintä tarkoittaa tietotekniikan kontekstissa ongelmaa, jossa halutaan koneellisesti löytää, sekä mahdollisesti myös piirtää sallittu polku kahden etukäteen määritellyn pisteen väliin. Useissa polunetsinnän liittyvissä ongelmissa halutaan myös, että löydetty polku olisi jollain tavalla optimaalinen. Optimaalinen polku voisi esimerkiksi olla lyhyempi tai nopeampi kuin muut mahdolliset polut. [1]

Jotta polunetsintäongelmia voitaisiin ratkaista koneellisesti, tarvitsee ne ensin muuttaa matemaattiseen esitysmuotoon. Tämän vuoksi polunetsintäongelmat voidaan jakaa kahteen osaongelmaan: graafigeneraatioon ja polunetsintäalgoritmin käyttöön. Graafigeneraatiota tarvitaan, koska polun löytämiseen käytetyt algoritmit toimivat tyypillisesti graafeissa. Siinä muutetaan polunetsintäongelman alueena toimiva maasto- tai kartta-alue graafimuotoiseksi rakentamalla siitä esimerkiksi luurankomalli (skeletonization). [2] Tämä tutkielma on keskittynyt polunetsintäalgoritmeihin ja niiden käyttöön, eikä graafigeneraatiota tämän vuoksi käsitellä tutkielmassa laajemmin.

** Tässä voisi olla jokin kuva kartan muuttamisesta graafiksi **

Polunetsintäongelmat voidaan myös jakaa yksiagentillisiin (single-agent) ja moniagentillisiin (multi-agent) polunetsintäongelmiin. Yksiagentillisissa ongelmissa ongelma-

alueella liikkuu vain yksi agentti, jolle pyritään löytämään optimaalinen polku jostain lähtöpisteestä johonkin päämäärään. Moniagentillisissa ongelmissa alueella liikkuvia agentteja on useita. Näissä kaikilla agenteilla on oma lähtöpiste ja oma päämäärä ja kaikille tulee löytää optimaaliset polut niin, että agentit eivät törmäile toisiinsa ja niiden välille ei synny reititykseen liittyviä konflikteja. [3] Näistä ongelmatyypeistä tämä tutkielma on käsittelee pääasiassa yksiagentilliseen polunetsintään kehitettyjä polunetsintäalgoritmeja.

2.2 Algoritmeista

Tässä tutkielmassa tarkasteltavat algoritmit ovat kaksiulotteisissa ajoaikana muuttumattomissa graafeissa toimivia yksiagenttisia polunetsintäalgoritmeja, ellei toisin mainita. Nämä algoritmit voidaan jakaa niiden toimintaperiaatteen mukaan epäinformoituihin (uninformed), informoituihin (informed) ja metaheuristisiin (metaheuristic) hakualgoritmeihin (search algorithms). [4]

Epäinformoidut hakualgoritmit ovat yksinkertaisia algoritmeja, jotka eivät ole tietoisia ongelma-alueensa yksityiskohdista. Näin ollen epäinformoidut hakualgoritmit perustuvat toimintamalliin, jossa kuljetaan graafissa solmukohdalta toiseen kaaria pitkin niin kauan kunnes ollaan löydetty polku lähtösolmusta maalisolmuun. Tätä toimintamallia sanotaan joskus myös sokean haun konseptiksi (blind search). [4]

Informoidut hakualgoritmit sen sijaan käyttävät ongelma-alueesta laskettuja tietoja hyväksi nopeuttaakseen ajoaikaa. Tyypillisesti tämä tehdään laskemalla seuraavaksi läpikäytävien solmukohtien etäisyys maalisolmusta käyttämällä niinkutsuttua heuristista funktiota. Näin ollen jokaiselle graafissa olevalle solmukohdalle \mathbf{n} saadaan laskettua sen kautta kulkevan polun hinta $\mathbf{F}(\mathbf{n})$ käyttämällä hintafunktiota $\mathbf{F}(\mathbf{n}) = \mathbf{G}(\mathbf{n}) + \mathbf{H}(\mathbf{n})$, jossa $\mathbf{G}(\mathbf{n})$ on solmulle \mathbf{n} asti kuljettu matka lähtösolmusta ja $\mathbf{H}(\mathbf{n})$ on heuristisen funktion palauttama arvo. Korkeahintaisia solmukohtia ei tutkita algoritmin ajon aikana, jonka takia tutkittavia solmuja on yhteensä

vähemmän ja algoritmi on nopeampi ajaa.[4]

A^* (luetaan A-tähti tai A-star) on yksi esimerkki informoidusta hakualgoritmista. A^* on yksi suosituimmista polunetsintäalgoritmeista käytännön sovelluskohteista. Tämä johtuu siitä, että A^* on yksinkertainen implementoida ja se palauttaa aina optimaalisen polun, mikäli käytetään sopivaa heuristista funktiota.[1] Sen pohjalta on myös kehitetty muita polunetsintäalgoritmeja.[4]

Metaheuristiset algoritmit eivät perustu heuristisiin funktioihin tai solmukoh-tien tutkimiseen vaan ne käyttävät muunlaisia keinoja polkujen etsimiseen.[4] Niitä ei käydä tässä tutkielmassa tarkemmin läpi.

** Huom! Jos tutkielma jäämässä liian lyhyeksi, GA:ta mahd käsitellään luvun 3 alilukuna **

2.3 Esimerkkejä sovelluskohteista

3 Joitain polunetsintäalgoritmeja

3.1 Dijkstran algoritmi

3.2 A*-algoritmi

Tähän mahdollisesti muitakin algoritmeja

4 Algoritmien sovelluskohteita

4.1 Videopelit

4.2 Karttaohjelmat

Tähän mahdollisesti muitakin sovelluskohteita

5 Eräiden algoritmien tehokkuuden tarkastelu esimerkkipongelmassa

6 Yhteenveto

Lähdeluettelo

- [1] G. E. Mathew ja G. Malathy, "Direction based heuristic for pathfinding in video games", teoksessa *2015 2nd International Conference on Electronics and Communication Systems (ICECS)*, IEEE, 2015, s. 1651–1657. DOI: 10.1109/ECS.2015.7124867.
- [2] Z. A. Algfoor, M. S. Sunar ja H. Kolivand, "A Comprehensive Study on Pathfinding Techniques for Robotics and Video Games", *Int. J. Comput. Games Technol.*, vol. 2015, tammikuu 2015, ISSN: 1687-7047. DOI: 10.1155/2015/736138.
- [3] R. Stern, N. R. Sturtevant, A. Felner et al., "Multi-Agent Pathfinding: Definitions, Variants, and Benchmarks", *CoRR*, vol. abs/1906.08291, 2019. eprint: 1906.08291.
- [4] S. R. Lawande, G. Jasmine, J. Anbarasi ja L. I. Izhar, "A Systematic Review and Analysis of Intelligence-Based Pathfinding Algorithms in the Field of Video Games", *Applied Sciences*, vol. 12, nro 11, 2022, ISSN: 2076-3417. DOI: 10.3390/app12115499.

Liite A Liitedokumentti placeholder

Placeholder liitedokumenteille