

Broadcast and network optimization : essays on approximation algorithms and experiments on problems in latency cover, network fragmentation and routing on the internet

Citation for published version (APA):

van der Zwaan, G. R. J. (2012). *Broadcast and network optimization : essays on approximation algorithms and experiments on problems in latency cover, network fragmentation and routing on the internet*. [Doctoral Thesis, Maastricht University]. Maastricht University. <https://doi.org/10.26481/dis.20121102gz>

Document status and date:

Published: 01/01/2012

DOI:

[10.26481/dis.20121102gz](https://doi.org/10.26481/dis.20121102gz)

Document Version:

Publisher's PDF, also known as Version of record

Please check the document version of this publication:

- A submitted manuscript is the version of the article upon submission and before peer-review. There can be important differences between the submitted version and the official published version of record. People interested in the research are advised to contact the author for the final version of the publication, or visit the DOI to the publisher's website.
- The final author version and the galley proof are versions of the publication after peer review.
- The final published version features the final layout of the paper including the volume, issue and page numbers.

[Link to publication](#)

General rights

Copyright and moral rights for the publications made accessible in the public portal are retained by the authors and/or other copyright owners and it is a condition of accessing publications that users recognise and abide by the legal requirements associated with these rights.

- Users may download and print one copy of any publication from the public portal for the purpose of private study or research.
- You may not further distribute the material or use it for any profit-making activity or commercial gain
- You may freely distribute the URL identifying the publication in the public portal.

If the publication is distributed under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license above, please follow below link for the End User Agreement:

www.umlib.nl/taverne-license

Take down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us at:

repository@maastrichtuniversity.nl

providing details and we will investigate your claim.

Download date: 10 Dec. 2024

NEDERLANDSE SAMENVATTING

In dit proefschrift staan vragen over *uitzendschemas* en *netwerken* uit het gebied van combinatorische optimalisatie centraal. Combinatorische optimalisatie is een onderwerp dat bestaat uit het vinden van de beste oplossing uit een eindige verzameling oplossingen. Vrijwel altijd is het een voor een nagaan van alle oplossingen tijdsrovend en praktisch onmogelijk. Daarom is er veel onderzoek gedaan naar betere oplossingsmethodes die efficiënt de beste oplossingen vinden. Echter, er is een grote groep problemen waarvoor er hoogstwaarschijnlijk geen oplossingsmethodes zijn die én efficiënt zijn én de beste oplossing vinden. Voor deze groep blijkt echter dat het wel vaak mogelijk is om een efficiënte oplossingsmethode te vinden die zeer snel is en een zeer goede oplossing presenteert hoewel dat niet gegarandeerd de beste oplossing is.

Het eerste deel van dit proefschrift, bestaande uit hoofdstukken 3, 4, 5 en 6, is gewijd aan vraagstukken die te maken hebben met het efficiënt vinden van uitzendschemas.

In hoofdstuk 4 bestuderen we het probleem *Generalized Min Sum Set Cover*. Gegeven is een set van elementen $\{1, \dots, n\} = [n]$ en subsets $S_1, \dots, S_m \subseteq [n]$ en een functie $\kappa : [m] \rightarrow \mathbb{N}_+$. Het doel is om een volgorde π van $[n]$ te vinden zodat de som van *raaktijden* van de subsets is geminimaliseerd. De raaktijd van een subset S_i is gedefiniëerd als het laagste getal k zodat de eerste k elementen van π minstens $\kappa(S_i)$ elementen van S_i bevatten. In andere woorden: het doel is een volgorde te vinden van elementen zodat de gemiddelde raaktijd van de subsets zo laag mogelijk is.

We definiëren eerst een makkelijker probleem: *Preemptive Generalized Min Sum Set Cover*, en we presenteren een efficiënte methode gebaseerd op nieuwe inzichten om een 2-approximatie te vinden voor dit probleem. Tevens bewijzen we dat het onwaarschijnlijk is dat er een efficiënte methode is dit probleem beter approximeert, in essentie is ons resultaat het hoogst haalbare. Gebruik makend van onze methode voor *Preemptive Generalized Min Sum Set Cover*, bewijzen wij een 12.4-approximatie voor *Generalized Min Sum Set Cover*.

Hoofdstuk 5 gaat over *Minimum Latency Submodular Covering*, een zeer algemeen probleem dat bijvoorbeeld *Generalized Min Sum Set Cover* generaliseert. Gegeven zijn elementen V , monotone submodulaire functies f_1, \dots, f_m en een afstandsfunctie $d : \binom{V}{2} \rightarrow \mathbb{R}_+$. Het doel is om een volgorde $\pi = (\pi_1, \dots, \pi_n)$ van de elementen in V te vinden zodat de raaktijden van de functies f_1, \dots, f_m gemiddeld zo laag mogelijk is. De raaktijd van een functie f_i is het kleinste getal t zodanig dat $f_i(S) \geq 1$ waar S de elementen zijn met afstand ten hoogste t in π .

Wij introduceren dit probleem en laten zien dat het intrinsiek verbonden is met veel bekende problemen, zoals *Group Steiner Tree*, *Submodular Ranking* en *Set Cover*. Naast het interessante gegeven dat het deze problemen verbindt, geven wij een efficiënt $O(\log \frac{1}{\epsilon} \log^{2+\delta} n)$ -approximatie algoritme voor dit probleem, waarin n de instantie grootte is, ϵ een technische parameter en voor δ elk positief getal gekozen kan worden. Dit algoritme en de analyse zijn gebaseerd op een makkelijker bewijs voor *Submodular Ranking*, ook in dit hoofdstuk.

In hoofdstuk 6 bekijken we de *Latency Covering Steiner Tree* en *Covering Steiner Tree* problemen. Voor beide problemen beschouwen we een gewogen graaf $G = (V, E)$ een oorsprong $r \in V$ en groepen $g_1, \dots, g_k \subseteq V$ en een *bezoeken* voor elke groep $\kappa : [m] \rightarrow \mathbb{N}_+$. Het doel van *Covering Steiner Tree* is het vinden van een set van kanten E' zodanig dat voor elke groep g_i er minstens $\kappa(i)$ knopen verbonden zijn met de oorsprong r . Bij het probleem *Latency Covering Steiner Tree* is er een wederom sprake van het vinden van een volgorde. Het doel is om een route π te vinden door de graaf G zodanig dat de som van bezoektijden van alle groepen geminimaliseerd is. De bezoektijd van een groep g_i is het eerste tijdstip zodanig dat de route minstens $\kappa(i)$ knopen van g_i heeft bezocht.

De huidige oplossing voor *Covering Steiner Tree* bestaat uit het herhaaldelijk oplossing van een lineair programma, wat een kostbare stap is. Wij formuleren een nieuw lineair programma dat slechts eenmalig opgelost hoeft te worden. Gebaseerd op dit nieuwe lineaire programma ontwikkelen we een nieuw $O(\log^2 n)$ -approximatie algoritme voor *Latency Covering Steiner Tree*, waarin n de instantie grootte is.

Het tweede deel van dit proefschrift bestaat uit hoofdstukken 7 en 8.

Hoofdstuk 7 bestudeert een probleem rondom het versturen van datastromen op het internet. Het internet is niet één geheel, maar een netwerken van verscheidene verbonden subnetwerken met elk een andere eigenaar. In een netwerk, of graaf, $G = (V_1, V_2, E)$ zijn er twee subnetwerk eigenaars waarvan een V_1 bezit en de ander V_2 . Elk subnetwerk bevat gebruikers die

een bericht willen sturen aan gebruikers in het andere subnetwerk. Voor elk bericht moet er een route gevonden worden door beide subnetwerken en het liefst een zo goedkoop mogelijke route voor de eigenaars. Op de rand tussen de subnetwerken wordt een bericht overgedragen, en de andere eigenaar zorgt voor de bezorging. Normaal gesproken beperkt elke eigenaar zich tot zijn eigen netwerk: het bericht leveren ze af op een willeurige plek waar beide subnetwerken verbonden zijn. Dit hoofdstuk bestudeert of er samenwerking mogelijk is bij het overdragen van berichten tussen de verschillende subnetwerken, zodat voor elk daarvan de kosten afnemen.

Wij laten zien dat er een zeer snel praktisch algoritme is dat de beste samenwerking tussen twee netwerken bepaalt. Naast experimenteel bewijs, geven wij ook een wiskundig bewijs dat dit algoritme efficiënt is, door middel van *smoothed analysis*.

Het laatste hoofdstuk 8 gaat over het probleem *k-Way Vertex Cut*. In dit probleem is het doel om een groep knooppunten in een netwerk te vinden, zodanig dat het verwijderen van deze knooppunten het netwerk opsplijst in veel onafhankelijke stukken. Voor planaire netwerken presenteren wij een Efficient Polynomial Time Approximation Scheme. Daarnaast bestuderen wij de complexiteit van dit probleem op verscheidene interessante graaf klassen, zoals interval graphs, split graphs en graphs of bounded treewidth.