



Doctoral Thesis

Algorithms for Call Control in Ring Based Networks

Author(s):

Anand, R. Sai

Publication Date:

2004

Permanent Link:

<https://doi.org/10.3929/ethz-a-004710881> →

Rights / License:

[In Copyright - Non-Commercial Use Permitted](#) →

This page was generated automatically upon download from the [ETH Zurich Research Collection](#). For more information please consult the [Terms of use](#).

DISS. ETH NO. 15441

Algorithms for Call Control in Ring Based Networks

A dissertation submitted to the

SWISS FEDERAL INSTITUTE OF TECHNOLOGY ZURICH

for the degree of

Doctor of Sciences

presented by

R. SAI ANAND

M. E. in Computer Science & Engineering,
Indian Institute of Science, Bangalore

born 26.05.1976

citizen of India

accepted on the recommendation of

Prof. Dr. Thomas Erlebach, examiner
Dr. habil. Martin Skutella, co-examiner

2004

Abstract

Communication networks lend themselves to the study of a variety of optimization problems. A fundamental problem among them that is intensively investigated is that of *call admission control*, or call control for short. The problem arises in the following setting. The communication network consists of nodes (e.g. terminals, routers, et cetera) which are connected to each other via links (e.g. optical cables). These links carry data between nodes. They have a certain bandwidth capacity associated with them. A *call* is a communication request between any two nodes of the network. It is associated with a bandwidth requirement, i.e. the rate at which data is communicated between the nodes. A call may be accepted into the network if (i) a route connecting the two nodes exists and (ii) the bandwidth requirement of the call can be reserved along all the links of one such route. Once a call is accepted a profit is accrued by the network. The optimization problem arises due to the fact that the sum of the bandwidth requirements of calls that are routed through any link of the network should not exceed its bandwidth capacity. The call control problem is to maximize the number (or profits) of calls that can be accepted into the network such that the capacity constraints on the links are not violated.

A ring topology is one in which the nodes are connected to each other forming a cycle. In all-optical networks, the ring topology is a popular configuration. Bigger networks are formed from individual rings by interconnecting them. Some top reasons that make the ring topology a favoured one are its simplicity, scalability and survivability in the presence of link failures. This thesis mainly investigates several variants of call control on ring based topologies for two reasons. Firstly, all-optical networks are in the forefront of revolutionizing communications today and the ring topology is the building block of such networks. Secondly, rings are simple topologies on which several network optimization problems have been studied in the past and there are several others which have not been resolved. The goal of our research, the outcome of which is the thesis presented here, is to address a few such problems pertaining to call control.

There are two basic variants of call control that we consider, namely *on-line* and *off-line*. In the off-line version of call control, it is assumed that

all the calls that occur in the network are given in advance. An algorithm for this version can decide which calls to accept and which to reject taking this overall picture into consideration. In the online version, calls arrive into the network in a sequence, one after the other. An algorithm for the on-line version makes a decision to accept a call that is presented to it only based on what decisions it made in the past and the current state of the network. In particular, it has no knowledge of the calls that might be presented to it in the future.

A tree of rings is a graph obtained by connecting several disjoint rings in a “tree”-like fashion, by identifying vertices in different rings. The tree of rings topology is a natural result of interconnecting rings in all-optical networks to form larger networks. We investigate on-line call control problems on trees of rings. Non-preemptive randomized algorithms with competitive ratios that are best possible up to constant factors are given.

Fixed parameter tractability is an emerging area to tackle \mathcal{NP} -hard problems. We view call control problems from this perspective. Fixed parameter tractability results are shown for variants of the off-line call control problems on arbitrary graphs, undirected and bidirected trees of rings. To the best of our knowledge, these are the first such results for the call control problem.

For two variants of off-line call control problems in rings, we present polynomial time approximation algorithms. When the route of a call can be determined by the algorithm, we present an algorithm that accepts and routes at most 3 calls fewer than what an optimal algorithm can achieve. When the routes are pre-determined we present an algorithm that achieves a profit that is at least one-half of that achieved by an optimal algorithm. For various special cases, we present optimal polynomial time algorithms or approximation schemes. We also give an indication of the difficulty of finding an optimal polynomial algorithm for the general problem.

For addressing the off-line call control problem for calls with arbitrary bandwidth requirements, a starting point would be to study it on the simple topology of a line. A line is simply a set of nodes connected to form a path. We identify several restrictions for which algorithms with “nice” ratios are achievable.

Zusammenfassung

Aus dem Umfeld von Kommunikationsnetzen ergeben sich eine Vielzahl von Optimierungsproblemen. Ein fundamentales solches Problem, das intensiv untersucht wird, ist *Call Admission Control* oder kurz: Call Control. Das Problem ergibt sich aus dem folgenden Szenario. Das Kommunikationsnetz besteht aus Knoten (z.B. Terminals, Routern, usw.) die miteinander, mittels vorhandener Verbindungen (z.B. über Glasfaserkabel), Daten austauschen. Diese Verbindungen haben bestimmte Bandbreiten. Ein *Call* ist eine Kommunikationsanfrage zwischen zwei beliebigen Knoten des Netzes. So ein Call hat einen bestimmten Bedarf an Bandbreite, dieser entspricht der Rate, mit der Daten zwischen den Knoten verschickt werden. Ein Call kann im Netzwerk angenommen werden, wenn (i) eine Route zwischen den beiden Knoten existiert und (ii) der Bandbreitenbedarf des Calls entlang den einzelnen Verbindungen einer solchen Route reserviert werden kann. Sobald ein Call angenommen wurde, wird dem Netz ein bestimmter Profit gutgeschrieben. Das Optimierungsproblem ergibt sich nun, weil der aufsummierte Bandbreitenbedarf der einzelnen Calls, die eine Verbindung benutzen, nicht die gegebene Bandbreite der Verbindung überschreiten soll. Bei dem Call Control Problem ist die Anzahl (oder der Profit) der Calls, die im Netz angenommen werden, zu maximieren, ohne dabei die gegebenen Verbindungsbandbreiten zu überschreiten.

In einer Ringtopologie werden die Knoten so miteinander verbunden, dass sie einen Kreis bilden. In rein optischen Netzwerken ist die Ringtopologie eine sehr populäre Konfiguration. Grössere Netze werden aus einzelnen Ringen gebildet, indem diese miteinander verbunden werden. Ein paar hervorzuhebende Gründe, wieso die Ringtopologie so beliebt ist, sind ihre Einfachheit, Skalierbarkeit und ihr gutes Verhalten, falls einzelne Verbindungen ausfallen. In dieser Dissertation werden aus zwei Gründen mehrere Varianten von Call Control in ringbasierten Topologien untersucht. Erstens sind rein optische Netzwerke weit vorne bei der Revolutionierung heutiger Kommunikationsnetze mit dabei, und die Ringtopologie ist der Hauptbaustein solcher Netze. Zweitens sind Ringe einfache Topologien, auf denen viele Netzwerkoptimierungsprobleme bereits untersucht wurden und viele andere noch offen sind. Es ist das Ziel unserer Forschung, deren Ergebnis in der vorliegenden Dissertation vorgestellt wird, einige solche Probleme mit Bezug auf Call

Control anzugehen.

Wir betrachten zwei grundsätzliche Varianten von Call Control, nämlich *on-line* und *off-line*. In der *off-line* Version von Call Control wird angenommen, dass alle Calls, die im Netz auftreten, im Voraus gegeben sind. In der *on-line* Version kommen die Calls in einer Sequenz, einer nach dem anderen, in dem Netz an. Ein Algorithmus für die *on-line* Version fällt die Entscheidung, ob der aktuell präsentierte Call anzunehmen ist, nur auf Basis der bisher getroffenen Entscheidungen.

Man erhält einen *Tree of Rings* Graphen, wenn man mehrere disjunkte Ringe “baumartig” zusammenfügt, wobei schrittweise Knoten verschiedener Ringe zu einem Knoten zusammengefasst werden. Die *Tree of Rings* Topologie ist eine natürliche Konsequenz, wenn Ringe in rein optischen Netzwerken verbunden werden, um grössere Netzwerke zu formen. Wir untersuchen *on-line* Call Control Probleme in *Tree of Rings* Graphen. Es werden nichtpreemptive, randomisierte Algorithmen angegeben, deren kompetitive Raten bis auf konstante Faktoren bestmöglich sind.

“Fixed Parameter Tractability” ist ein aufkommendes Gebiet, in dem \mathcal{NP} -schwere Probleme angegangen werden. Wir betrachten Call Control Probleme aus dieser Perspektive. Es werden Fixed Parameter Tractability Resultate für Varianten von *off-line* Call Control Problemen in beliebigen Graphen, ungerichteten und symmetrisch gerichteten *Trees of Rings* gezeigt. Nach bestem Wissen sind dies die ersten Resultate dieser Art für das Call Control Problem.

Für zwei Varianten des *off-line* Call Control Problems in Ringen präsentieren wir Approximationsalgorithmen, die in polynomieller Zeit laufen. Für den Fall, dass die Route eines Calls durch den Algorithmus bestimmt werden kann, geben wir einen Algorithmus an, der höchstens 3 Calls weniger annimmt (wobei eine Route für jeden angenommenen Call ausgegeben wird) als ein optimaler Algorithmus. Für den Fall, dass die Routen vorgegeben sind, präsentieren wir einen Algorithmus, der mindestens die Hälfte des Profits eines optimalen Algorithmus erzielt. Für diverse Spezialfälle geben wir optimale Polynomialzeit-Algorithmen oder Approximationsschemata an. Des Weiteren weisen wir auf die Schwierigkeit hin, einen optimalen polynomiellen Algorithmus für das allgemeine Problem zu finden.

Um das *off-line* Call Control Problem in seiner vollen Allgemeinheit anzugehen, wäre ein Startpunkt das Studium des Problems auf der Topologie einer Kette. Eine Kette ist eine Menge von Knoten, die mit einem einzigen Pfad verbunden sind. Wir identifizieren einige Restriktionen, für welche Algorithmen mit “schönen” Approximationsraten erhalten werden können.