

ОТЗЫВ

члена диссертационного совета Шура Арсения Михайловича
о диссертации Николенко Сергея Игоревича
«Алгоритмы для сетевых приложений и их теоретический анализ»,
представленной на соискание ученой степени доктора наук
по научной специальности 1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика

Получение информации посредством компьютерных сетей в настоящее время является повседневной реальностью большинства жителей Земли. Объем передаваемой таким образом информации невообразимо огромен и постоянно растет. Тем самым, актуальность и важность проблем эффективной передачи данных в компьютерных сетях трудно переоценить. Нескольким группам таких проблем, в строгой математической постановке, посвящено представленное соискателем исследование. Необходимо заметить, что наряду с результатами, которые ценны главным образом для теоретической информатики, диссертация содержит и результаты, которые могут быть использованы при разработке оборудования и программного обеспечения для практических целей передачи данных по сетям.

Исследуемые в диссертации С.И. Николенко проблемы разделены на три группы, соответствующие трем основным главам диссертации (главы 2-4). Нужно заметить, что первые две группы «монолитны»: в каждой из них все исследуемые математические задачи происходят от одной глобальной проблемы передачи данных. В третьей группе монолитности нет, там решаются достаточно разнообразные задачи, часть из которых происходит из «внутренних» потребностей сети, а часть — из организации вычислений по запросам пользователей.

В главе 2 рассматривается задача управления буфером сетевого устройства, имеющего очень небольшой объем памяти. На вход устройства неравномерно по времени поступают пакеты данных, которые надо обрабатывать (на маломощном встроенном процессоре) и отправлять по сети по окончании обработки; до окончания обработки пакет должен храниться в буфере. Когда скорость поступления данных на вход в определенные моменты превышает возможности хранения и обработки, часть пакетов данных отбрасывается (теряется). Задача состоит в построении набора правил («политики») для максимизации доли отправленных пакетов в условиях повышенной нагрузки. Основной особенностью задачи является то, что политика работает как онлайн-алгоритм, с нулевым знанием о том, какие пакеты придут на вход в дальнейшем. Основным критерием качества политики является результат ее сравнения (по объему/ценности переданных данных) с оффлайн-алгоритмом, который видит весь поток данных заранее и имеет неограниченные вычислительные ресурсы. В главе приведен всесторонний анализ различных естественных политик для нескольких вариантов постановки задачи в зависимости от того, каким набором параметров характеризуется пакет данных.

В главе 3 рассматривается еще одна задача о сетевых устройствах небольшой мощности. Каждый пакет данных, поступающий на вход устройства, имеет заголовок — битовую строку фиксированной длины — определяющий характеристики пакета (тип, длину, адрес доставки и др.). Классификатор пакетов — это алгоритм, который по любому заголовку определяет набор действий, которые устройство должно совершить с пакетом, включая его отправку по следующему адресу в направлении цели. Фактически, классификатор сравнивает заголовок пакета с упорядоченным набором битовых масок; первая подошедшая маска определяет набор действий с пакетом. Основной задачей о классификаторах является их оптимизация (как по памяти, так и по времени работы), сохраняющая эквивалентность (оптимизированный классификатор должен

предписывать любому пакету ту же обработку, что и исходный классификатор). Задача имеет несколько вариантов постановки, включая классификаторы, «распределенные» между входными и выходными устройствами, представление множества классификаторов, использующих общие классы, а также оптимизацию с потерей точности. В главе представлен ряд новых идей, на основе которых построены алгоритмы оптимизации, демонстрирующие очень хорошие результаты на реальных классификаторах, используемых популярными сетевыми устройствами.

В главе 4 рассмотрены некоторые задачи упрощения топологии сети с сохранением пропускной способности; агрегации фрагментов облачных баз данных для ответа на пользовательские запросы; удовлетворения спроса на вычислительные мощности с помощью имеющихся ресурсов; распределенного мониторинга трафика в сети. Эти задачи не связаны друг с другом (и решаются с помощью совершенно различных методов), но несомненно относятся к теме исследования. Результаты главы состоят в ряде точных и приближенных алгоритмов решения указанных задач. Для всех алгоритмов приведен анализ времени работы (и точности приближения, в случае приближенных алгоритмов решения вычислительно трудных задач).

Диссертационная работа производит целостное впечатление, а составляющим ее научное содержание результатам можно дать самую высокую оценку. Они новы, нетривиальны, представляют интерес для широкого круга исследователей и имеют хорошие перспективы для практического применения. Основные результаты доложены на международных конференциях самого высокого уровня и опубликованы в престижных международных журналах. Диссертация в целом написана ясно и грамотно, количество грамматических ошибок и опечаток минимально. К изложению можно высказать некоторые претензии (см. замечания ниже), но они не затрагивают результатов работы.

Замечания (страницы приведены по англоязычному оригиналу диссертации).

- c. 25: « $d/2$ for $d = \log_d N$ » — такое рекурсивное определение заставляет думать, нет ли здесь опечатки
- c. 41: «for how complex should the queue abstraction and implementation in software-defined buffer management» — приходится думать, какой же глагол пропущен
- c. 49: у алгоритма BAD в графе «after arrival» переполнился буфер
- c. 49: (несколько раз): в алгоритмах написаны действия при $w < w_{max}$ и $w > w_{max}$, куда относится случай $w = w_{max}$?
- c. 51: «at most m » — должно быть at least
- c. 60: «at least $\frac{V+B-1}{W+B-1}$ -competitive» — нет ли тут опечатки? При указанном ограничении $V \leq \sqrt{W}$ эта оценка не имеет смысла
- c. 64: «we will be able to achieve a constant competitive ratio» — в приводимой ниже Теореме 2.7.3 это отношение не константное
- c. 68: «the shaded area on Figure 2.12» — там нет такой области
- c. 68: «Figure 2.12 shows three subintervals with optimal policies...» — там нет ничего подобного
- c. 77: «if any two of its rules are filter-order-independent» — такого определения не было
- c. 88: «A rule $s = s_1 \cdots s_k \dots$ with rules s_1, \dots, s_k » — очень плохой стиль обозначений

- c. 94: «In this section, we give a positive answer» — что такое positive answer на вопрос how can we find?
- c. 96: «is optimal with $O(N \log N)$ time complexity» — точнее, сложность этой задачи есть сложность сортировки (которая в определенных случаях линейна; если здесь не такой случай, возможно, стоило об этом сказать)
- c. 99: В конце раздела 3.3 очень не хватает таблицы с результатами сравнения алгоритмов
- c. 124: «a set of basic operators (that we have introduced above)» — основная проблема с чтением этого раздела состоит в том, что эти операторы нигде не введены, и приходится догадываться, как они работают
- c. 134: «the common special case of a forest» — непонятно, имеется в виду ориентированный или неориентированный лес
- c. 135: на подписи к рисунку перепутан порядок частей c,d,e.

Диссертация Николенко Сергея Игоревича на тему: «Алгоритмы для сетевых приложений и их теоретический анализ» соответствует основным требованиям, установленным Приказом от 19.11.2021 № 11181/1 «О порядке присуждения ученых степеней в Санкт-Петербургском государственном университете», соискатель Николенко Сергей Игоревич заслуживает присуждения ученой степени доктора физико-математических наук по научной специальности 1.2.3 Теоретическая информатика, кибернетика. Пункты 9 и 11 указанного Порядка диссертантом не нарушены.

Доктор физико-математических наук, профессор

профессор кафедры алгебры и фундаментальной информатики
Института естественных наук и математики
Уральского федерального университета
620000 г. Екатеринбург пр. Ленина, 51, +7(343)389-94-68
arseny.shur@urfu.ru



А. М. Шур

18.08.2022

Подпись *А. М. Шур*
Заверяю: вед. документовед
С. Л. Мурова