

Телекоммуникационные системы и компьютерные сети

УДК 621.391;621.394/396;654.1

В.Ю. Садовников
Санкт-Петербург, Россия

СРАВНЕНИЕ АЛГОРИТМОВ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ СЕТЕЙ ДОСТУПА

V.Yu. Sadovnikov
St.-Petersburg, Russia

COMPARISON OF ALGORITHMS FOR THE RESOURCE DISTRIBUTION BETWEEN ACCESS NETWORKS

Продолжение статьи «Оптимизация доступа к FMC-услугам на основе критерия равномерной балансировки нагрузки между сетями доступа при миграции абонента». Представлено сравнение результатов работы алгоритмов распределения и балансировки нагрузки с алгоритмами, базирующимися на алгоритме FFD (First-Fit Decreasing).

СЕТЕВОЙ РЕСУРС. НАГРУЗКА. ТРАФИК. ПРОПУСКНАЯ СПОСОБНОСТЬ. АЛГОРИТМЫ. ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ.

The article is continuation of article «Optimization of access to FMC services from access networks with users migration based on uniform traffic load balancing criteria» and presents comparison of results of algorithms that perform traffic load distribution and balancing, and algorithms based on FFD (First-Fit Decreasing) method.

NETWORK RESOURCE. LOAD. TRAFFIC. TRAFFIC CAPACITY. ALGORIGHNMS. INCREASE OF EFFICIENCY.

В статье [1] представлены алгоритмы, позволяющие распределять и перераспределять услуги между сетями доступа.

В настоящей статье проводится сравнение результата работы данных алгоритмов с алгоритмами распределения запрашиваемого ресурса между сетями доступа, предложенными в [2], которые базируются на алгоритме FFD (First-Fit Decreasing).

Алгоритм FFD [3] решает задачу упаковки в контейнеры, где объекты предопределенной формы упаковываются в конечное число контейнеров предопределенной величины таким способом, чтобы число использованных контейнеров было наименьшим или количество, или объем упаковываемых объектов были наибольшими.

FFD всегда помещает самый большой элемент в списке в контейнер с наименьшим номером, имеющий достаточное место для этого элемента. В решении задачи распределения ресурсов сетей доступа контейнеры – это пропускные полосы сетей доступа, а объекты – это величины ширины полосы пропускания запрашиваемой услуги. FFD направляет заявку, требующую наибольшую полосу пропускания, в сеть с наименьшим номером, в которой имеется достаточный ресурс.

Авторы [2] изменяют порядок обработки заявок в очереди и алгоритм по принятию решения о выборе сети доступа (FFD), учитывая дополнительные критерии:

предпочтительность выбора определенной

Таблица 1

Характеристики пуассоновских процессов

Процесс	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1/λ, с	20	16	12	8	4	4	4	4	4
1/μ, с	4	4	4	4	4	8	12	16	20

сети доступа (строгое предпочтение, приоритет отдельной сети по сравнению с остальными, отсутствие приоритета);

возможность дробления запрашиваемой полосы пропускания на части;

минимизацию энергозатрат мобильными устройствами;

возможность перераспределения потоков данных между сетями доступа.

Предложены четыре варианта алгоритма,

Таблица 2

Характеристики классов услуг по типам трафика

Класс услуги	Тип трафика	Характеристики запрашиваемой полосы пропускания, кбит/с			Нормальная нагрузка на сеть				
		min	max	Шаг	Bluetooth	802.11b	802.11a	UMTS	GPRS
Речь	G.711	64	128	64	0,5	0,4	0,4	0,5	0,9
	G.729	8	16	8	0,5	0,4	0,4	0,5	0,9
Аудио	AAC	128	176	8	0,75	0,6	0,6	0,8	0,9
	MP3-CBR	64	320	16	0,8	0,65	0,65	0,9	0,95
	MP3-VBR	224	288	16	0,75	0,6	0,6	0,8	0,8
HD-видео H.264	176×144	150	200	25	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0
	320×240	300	500	50	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0
	640×480	1000	2000	50	0,8	0,8	0,8	0,9	1,0
	1280×720	5000	6000	250	0,8	0,8	0,8	0,95	1,0
	1920×1080	7000	9000	250	0,8	0,8	0,8	0,95	1,0
P2P	Torrent	64	10000	1	1,0	1,0	1,0	1,0	0,6
WEB	HTTP HTTPS	64	256	4	0,25	0,2	0,3	0,4	0,2
IM	IM	8	64	1	0,05	0,02	0,05	0,1	0,4
Почта	SMTP POP3	64	512	8	0,1	0,1	0,3	0,3	1,0
Трафик	Высокая нагрузка	64	10000	1	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
	Средняя нагрузка	64	10000	1	0,75	0,75	0,75	0,75	0,75
	Слабая нагрузка	64	10000	1	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
	Очень слабая нагрузка	64	10000	1	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25

каждый из которых дополняет предыдущий, учитывая один новый из ранее перечисленных критериев. Эти алгоритмы выдают наиболее близкие к оптимальным результаты по энергопотреблению и пользовательским предпочтениям. Поскольку результаты симуляции работы каждого алгоритма несущественно отличаются друг от друга, рассмотрим один из них – First Fit Decreasing with Substitution (FFDwS) – выбор первой подходящей сети с подменой.

FFDwS, в отличие от FFD, обрабатывает заявки в очереди в другом порядке. Приоритизация представляет собой сортировку заявок по двум параметрам в порядке их убывания: сначала учитывается предпочтительность выбора определенной сети доступа, после чего – требуемая заявкой пропускная ширина полосы. Под подменой понимается перемещение ресурса, выделенного для ранее обработанной заявки, в другую сеть (если это возможно) с целью высвобождения полосы пропускания под ресурс, необходимый для удовлетворения поступившей на обработку заявки, предпочитающей эту сеть.

Однако не всегда запрошенная полоса пропускания может быть использована полностью, что означает неэффективность применения алгоритмов, базирующихся на FFD. В качестве примера можно привести ситуацию, когда сеть выделила пользователям большой объем ре-

сурсов, но при этом само использование этих ресурсов имеет малую интенсивность, т. е. свободного ресурса не остается, а сеть простаивает в бездействии.

Как следствие, для разработанных алгоритмов, представленных в [1], были взяты условия проведения эксперимента из [2]. Симуляция предполагает наличие пяти сетей доступа (Bluetooth, IEEE 802.11b, IEEE 802.11a, UMTS и GPRS), каждая из которых характеризуется пропускной способностью, задержками и параметрами энергосбережения. При этом выделение ресурса сетей моделируется девятью пуассоновскими процессами со своими значениями интенсивностей поступления λ и обслуживания μ заявок (см. табл. 1).

Учитывается, что каждая заявка может включать в себя запрос от одного до трех классов потоков данных со случайной шириной полосы доступа, с различными предпочтениями и приоритетами сетей доступа. В эксперименте, описанном в [2], классификации услуг нет, т. е. выделяемая полоса доступа загружена полностью, что не всегда верно. Разработанные алгоритмы распределения и балансировки нагрузки [1] учитывают в своих исходных данных классы услуг и нагрузку на сеть, создаваемую каждым классом, что позволяет избежать лишнего простаивания ресурса сети.

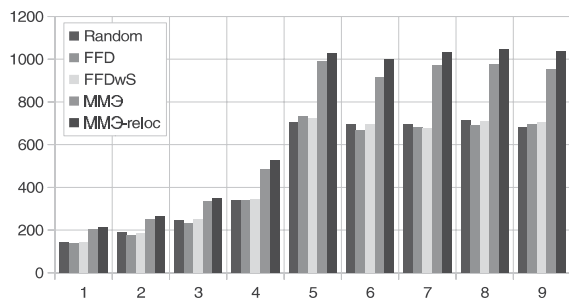
В табл. 2 сведены характеристики запраши-

Таблица 3

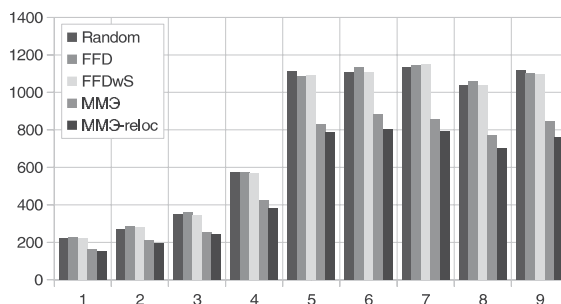
Относительный прирост показателей, %

Показатели	ММЭ/ Random	ММЭ-reloc/ Random	FFDwS/ FFD	ММЭ/ FFD	ММЭ-reloc/ FFD	ММЭ/ FFDwS	ММЭ-reloc/ FFDwS	ММЭ- reloc/ММЭ
Обслуженные заявки	38,1	47,6	1,9	40,0	49,7	37,4	46,9	6,9
Необслуженные заявки	-24,2	-30,3	-1,2	-24,9	-30,9	-24,0	-30,1	-8,0
Суммарный объем выделенной полосы доступа	59,9	64,6	1,1	61,3	65,9	59,5	64,1	2,9
Суммарный объем отказанной полосы доступа	-3,3	-3,6	-0,1	-3,4	-3,6	-3,3	-3,6	-0,3
Суммарное время использования ресурсов сети	31,0	39,3	2,6	32,1	40,4	28,8	36,8	6,3
Суммарный объем трафика	83,4	94,7	-3,1	77,0	87,8	82,7	93,9	6,1
Среднее время использования услуги	6,4	8,4	0,8	5,7	7,7	4,8	6,8	1,9
Средний объем трафика услуги	48,9	51,5	-4,8	41,6	44,1	48,7	51,4	1,8

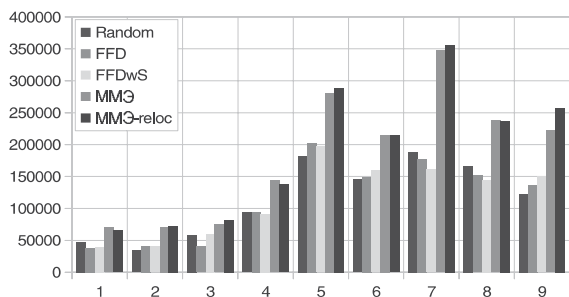
Обслуженные заявки, ед.



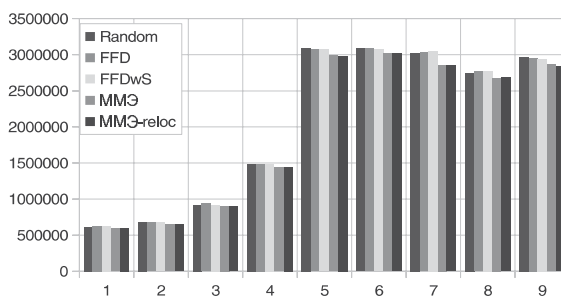
Необслуженные заявки, ед.



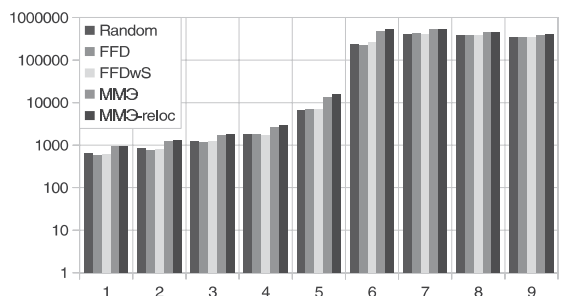
Суммарный объем выделенной полосы доступа, кбит/с



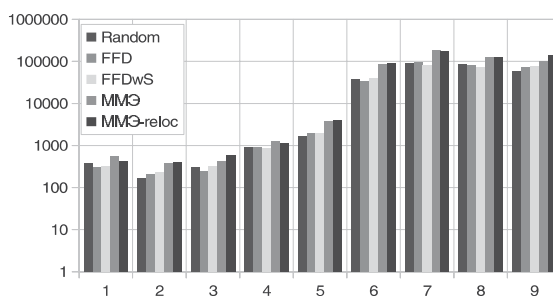
Суммарный объем отказанной полосы доступа, кбит/с



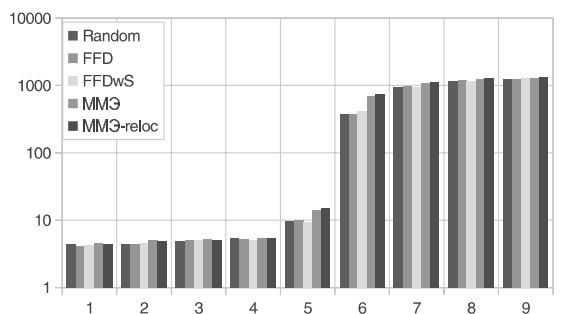
Суммарное время использования ресурсов сети, с



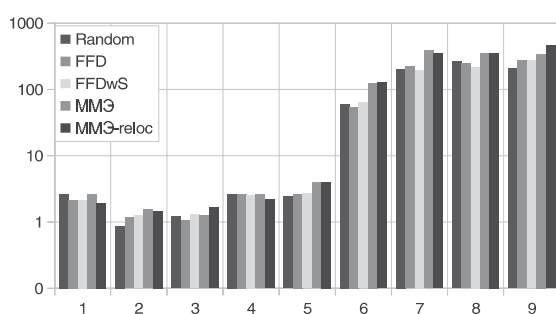
Суммарный объем трафика, Мбит



Среднее время использования услуги, с



Средний объем трафика услуги, Мбит



Диаграммы с результатами симуляции



ваемых полос пропускания и нормальных нагрузок на сеть в соответствии с классами услуг и типами трафика, используемые исследуемыми алгоритмами распределения и балансировки нагрузки. Под нормальной нагрузкой понимается нагрузка, создаваемая трафиком услуги на сеть при условии полного занятия услугой всей полосы пропускания сети.

На интервале симуляции, равном одному часу, измерялись (как по отдельному пуассоновскому процессу, так и в целом) следующие показатели:

- количество обслуженных заявок;
- количество необслуженных заявок;
- суммарный объем выделенной полосы доступа для обслуженных заявок;
- суммарный объем отказанной полосы доступа для необслуженных заявок;
- суммарное время использования ресурсов сети;
- суммарный объем трафика (сумма произведений из ширины полосы пропускания на время ее занятия);
- среднее время использования услуги;
- средний объем трафика услуги.

Результат представлен на диаграммах (см. рисунки), позволяющих сравнить работу алгоритмов распределения и балансировки нагрузки, базирующихся на методе максимального элемента (ММЭ) с Random-алгоритмом (выбор случайной подходящей сети), FFD-алгоритмом и FFDwS-алгоритмом, изложенным в [2].

Из диаграмм видно, что исследуемые алгоритмы распределения (ММЭ) и балансировки нагрузки (ММЭ-reloc) между сетями доступа работают эффективнее алгоритмов, базирующихся на FFD.

В табл. 3 сведены величины относительного прироста названных выше показателей. По ним можно сделать вывод, что с помощью разработанного алгоритма распределения нагрузки повышение эффективности доступа к услугам на основе сетей Always Best Connected (ABC) составляет

свыше 45 % в среднем по разным показателям. Отсюда следует, что, базируясь на классе трафика, с помощью разработанного алгоритма можно эффективнее распределять ресурсы сетей доступа между клиентами. Из таблицы также видно, насколько улучшаются показатели работы алгоритма распределения нагрузки в сочетании с алгоритмом балансировки нагрузки (последний столбец): когда алгоритм распределения нагрузки не может выделить ресурс, алгоритм балансировки нагрузки перераспределяет ресурс и пытается его выделить. Эта систематизированная совокупность действий разработанных и описанных в [1] алгоритмов представляет собой новый метод «эффективного распределения и балансировки ресурсов сетей доступа», с помощью которого эффективность доступа к услугам, полученная посредством нового алгоритма распределения нагрузки, повышается дополнительно еще на 4,3 %. Таким образом, впервые продемонстрирован эффективный доступ к инфокоммуникационным услугам, базирующийся на алгоритмах, которые распределяют и балансируют ресурсы разнородных сетей доступа, в совокупности образующих сеть Always Best Connected (ABC), основываясь на нагрузке, создаваемой запрашиваемыми услугами на эти сети доступа:

первый разработанный алгоритм отличается тем, что при распределении сетевого ресурса учитывается нагрузка, создаваемая на сети доступа, а не запрашиваемая услугой ширина полосы пропускания (назовем его алгоритмом «эффективного распределения общего ресурса сетей доступа с перекрывающимися зонами покрытия»);

второй разработанный алгоритм обеспечивает равномерную загрузку сетей доступа услугами (назовем его алгоритмом «балансировки используемых ресурсов сетей доступа с перекрывающимися зонами покрытия»).

Статья была опубликована в № 1(164) 2013. Повторно публикуется в связи с некоторыми дополнениями и изменениями.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Садовников, В.Ю. Оптимизация доступа к FMC-услугам на основе критерия равномерной балансировки нагрузки между сетями доступа при миграции абонента [Текст] / В.Ю. Садовников // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. –2012. –№ 5 (157). –С. 27–32.

2. Bo, Xing. Multi-constraint dynamic access selection

in Always Best Connected networks [Text] / Xing Bo, Nalini Venkatasubramanian. –Donald Bren School of Information and Computer Sciences, University of California.

3. Guochuan, Z. The FFD Algorithm for the Bin Packing Problem with Kernel Items [Text] / Z. Guochuan, Y. Enyu. –Department of Applied Mathematics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, 1998.

REFERENCES

1. Sadovnikov V.Iu. Optimizatsiia dostupa k FMC-uslugam na osnove kriteriia ravnomernoi balansirovki nagruzki mezhdru setiami dostupa pri migratsii abonenta / Nauchno-tekhnicheskie vedomosti SPbGPU. Informatika. Telekommunikatsii. Upravlenie. –2012. –№ 5 (157). –S. 27–32. (rus)
2. Bo Xing, Nalini Venkatasubramanian. Multi-constraint dynamic access selection in Always Best Connected networks. – Donald Bren School of Information and Computer Sciences, University of California.
3. Guochuan Z., Enyu Y. The FFD Algorithm for the Bin Packing Problem with Kernel Items. – Department of Applied Mathematics, Zhejiang University, Hangzhou 310027, 1998.