

УДК 381.324:621

А.Н. Буханько

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА УПРАВЛЕНИЯ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТЬЮ КАНАЛОВ ПРИ ПЕРЕДАЧЕ МУЛЬТИМЕДИЙНОГО ТРАФИКА

В данной статье рассматриваются вопросы применения оригинального метода управления канальными ресурсами в децентрализованной агентной системе для решения задач улучшения основных показателей качества при передаче мультимедийного трафика. Имитационное моделирование проведено с использованием специально разработанного программного комплекса. Внедрение предложенной модели и алгоритма в практические разработки способно уменьшить локальные перегрузки в отдельных узлах, адаптировать сеть к трафику, характерному для мультисервисных приложений.

Ключевые слова: мультиагентная сеть, метод управления, канальные ресурсы, пропускная способность, средняя задержка, моделирование.

Постановка задачи

В настоящее время в связи с развитием телекоммуникационных технологий, повышением скорости и объемов передачи информации, появлением ресурсоемких сетевых приложений актуальным является вопрос об управлении сетями передачи данных. В случае телекоммуникационных сетей (ТКС) управление сводится к процессам наблюдения и контроля состояния узлов, линий и взаимодействий узлов, а также управление работой приложений.

Централизованная модель управления ТКС становится неэффективной в условиях возрастания требований к скорости передачи, пропускной способности, а особенно ко времени реакции сети на возрастающие нагрузки [1, 2].

Децентрализованная система характеризуется отсутствием единого центра управления ТКС и представляет собой сеть распределенных агентов. Базовым элементом данной системы является управляющий агент (УА), отвечающий за определенный участок сети и обменивающийся служебной информацией с ближайшими агентами [3]. Каждый УА является равноправным участником процесса управления, и конструктивно представляют собой интеллектуальные сетевые устройства, в том числе, сервер доступа к услуге.

Составной частью УА являются программные процедуры управления принадлежащим ему участком ТКС.

Структурная модель ТКС в рассматриваемом частном случае (рис. 1) характеризуется множествами УА $G = \{g_1, \dots, g_n\}$ и каналов связи (КС) $M = \{m_1, \dots, m_c\}$. Каждый УА инцидентен некоторому подмножеству КС $M' \subseteq M = \{m'_1, \dots, m'_c\}$, соединяющему его со смежными агентами (зонами), источника или получателями информации.

Множество КС, в первую очередь, характеризуется значением их пропускной способности (ПС) $C = \{c_1, \dots, c_c\}$.

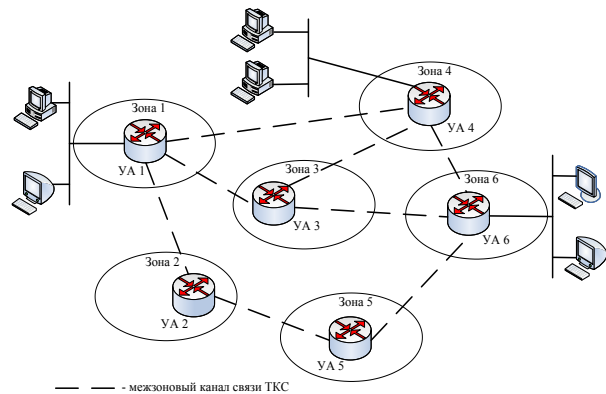


Рис. 1. Имитационная модель ТКС

Главной целью рассматриваемой системы управления на основе УА является поддержка выбранных показателей качества обслуживания для обеспечения заданных параметров и характеристик передачи данных в условиях мультимедийного трафика UDP.

Исходя из данных предпосылок, сформулирована цель данной статьи, которая состоит в разработке и применении методов децентрализованного управления сетевыми ресурсами при решении задач улучшения качества предоставляемых мультимедийных услуг.

Основная часть

Разработчики протоколов маршрутизации часто сталкиваются с проблемой определения оптимального пути доставки информации в сети со сложной топологией. При низких нагрузках высокоэффективными являются протоколы с алгоритмами однопутевой маршрутизации [4], которые обеспечивают наилучший по заданному критерию путь между двумя узлами. Но увеличение мультимедийной нагрузки ведет к неравномерному распределению

трафика по ТКС, когда нагрузка на одни КС возрастает, а на другие – падает. Решением проблемы на уровне сетевых протоколов является внедрение таких алгоритмов управления (балансировки) трафиком, при которых рационально будут использоваться как можно большее число КС.

Одной из функций УА является контроль динамического изменения ПС принадлежащих ему КС. Для этого через каждый интервал времени T агент посылает управляющие пакеты опроса ПС в каждый из принадлежащих ему каналов. Через определенное время агент получает информацию о ПС данного КС в k -й такт работы. В процессе рассылки служебной информации по сети каждый агент обрабатывает управляющие пакеты смежных ему агентов.

Допустим, что агент реализует некоторую функцию QoS, которая состоит в контроле за ПС КС и выявлении каналов с низкой, по выбранному критерию, и падающей производительностью. При этом происходит исключения данных КС из списка работающих на следующем такте работы агента для предотвращения потери качества передаваемой информации и внесения дополнительных задержек. Для реализации данной функции в агенте предусмотрен следующий алгоритм проверки КС на систематическое уменьшение ПС.

Происходит проверка на уменьшение ПС на k -м такте работы, исходя из следующего правила:

$$N_k^m - N_{k-1}^m = \Delta n_k^m, \quad (1)$$

где N_k^m , N_{k-1}^m – ПС m -го канала связи на k и $k-1$ такте работы агента соответственно; Δn_k^m – кризисный интервал уменьшения ПС канала на k такте работы.

Величина кризисного интервала Δn_k^m сохраняется в памяти агента и относительно него запускается счетчик тактов. Далее происходит проверка на количество тактов, при котором разница между ПС настоящего и предыдущего тактов находилась в пределе интервала Δn_k^m . Если количество тактов превысило экспертно заданное значение T_3 , то данный m -й канал становится в число «претендентов» на игнорирование УА на последующем такте работы алгоритма. Данное условие является необходимым (рис. 2).

На основе приведенной модели базируется метод и алгоритм управления сетевыми ресурсами, который систематизирует совокупность шагов и действий, которые необходимо предпринять для достижения поставленной цели – сбалансированной загрузки каналов и минимизации использования канальных ресурсов в ТКС.

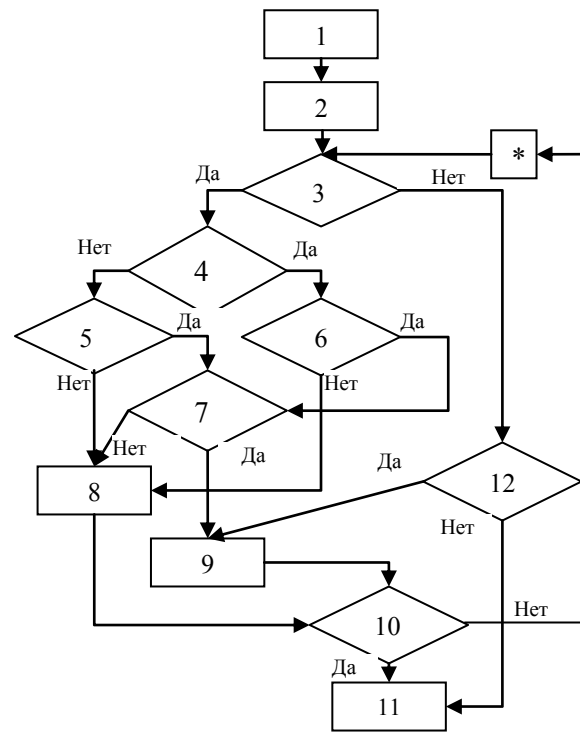


Рис. 2. Алгоритм определения ПС агента:
 1 – определение ПС каналов;
 2 – анализ полученных значений ПС каналов;
 3 – проверка условия $N_k^m - N_{k-1}^m = \Delta n_k^m$;
 4 – анализ количества тактов, при которых условие 3 действительно («больше T_3 ?»);
 5, 6 – проверка условия $N_k^m < N_k^m(\min)$;
 7 – анализ количества тактов, при которых условия 5, 6 являются истинными («больше одного?»);
 8 – анализируемый канал пригоден для использования в данный такт работы УА;
 9 – анализируемый канал не пригоден для использования в данный такт работы УА;
 10 – определение количества проверенных каналов («канал один?»);
 11 – выдача номеров работающих и игнорируемых каналов на следующем такте работы;
 12 – проверка условия $N_k^m - N_{k-1}^m \gg \Delta n_k^m$;
 * – анализ следующего канала.

Исходными данными для второго алгоритма (рис. 3) являются ПС поступающего на вход управляющего агента потока данных, информация о ПС КС, принадлежащих данному агенту и информация о возможности их использования, полученная алгоритмом 1. При этом, каналы, помеченные как игнорируемые, не используются. Агент реализует функции QoS, основанные на критериях необходимой ПС и минимальной стоимости КС.

Процесс балансировки предназначен для изменения маршрутного решения, в случае, если первоначально выбранный путь передачи нерационален по заданным показателям состояния ТКС (чаще всего, перегрузка).

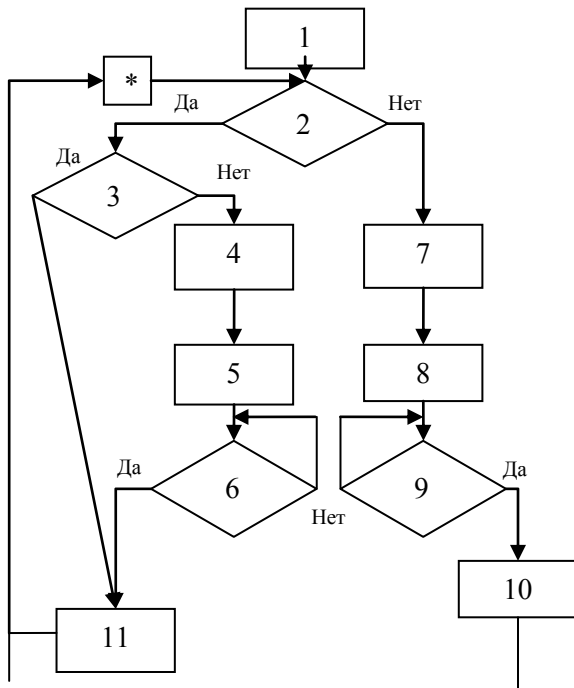


Рис. 3. Алгоритм выбора подходящих по критерию QoS путей передачи информации:

- 1 – получение номеров рабочих и игнорируемых каналов с алгоритма 1;
- 2 – сравнение ПС рабочих каналов и заданного потока данных («найжены ли подходящие каналы?»);
- 3 – определение количества подходящих для передачи каналов («канал один?»);
- 4, 7 – определение пары пропускная способность – стоимость для каждого канала;
- 5 – процесс нахождения канала (ов) с $\min N, \min C$ (минимальная ПС и стоимость);
- 6 – поиск оптимального канала по условию: $N_{\text{п}} = \min(\min N_1 \min C_1, \dots, \min N_k \min C_k)$;
- 8 – процесс нахождения канала (ов) с $\max N, \min C$ (максимальная ПС и минимальная стоимость);
- 9 – поиск оптимального набора каналов по условию: $N_{\text{п}} = \min(\max N_1 \min C_1 + \dots + \max N_k \min C_k)$;
- 10 – отказ в обслуживании;
- 11 – обслуживание потока заданным путем.

Использование балансировки требует постоянного отслеживания состояния КС. Для определения мгновенной нагрузки в КС каждый узел должен вести учет занятости канала за некоторый небольшой промежуток времени. Загруженность КС будет равна отношению времени занятости КС к продолжительности отслеживаемого интервала.

Исследование предложенного метода проводилось на основе специально разработанного программного комплекса SimulNetwork, созданного на основе языка программирования C++ [5].

Структура имитационной модели представлена на рис. 4.

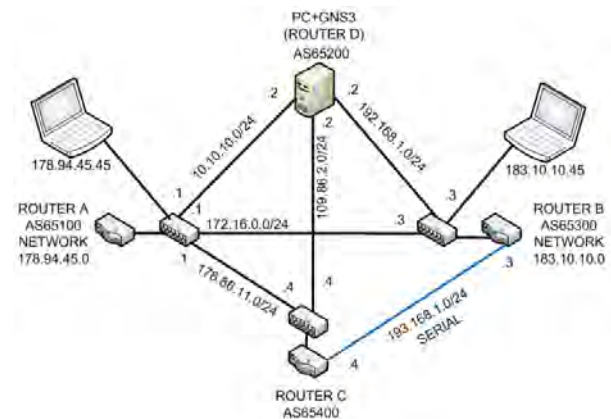


Рис. 4. Структура исследуемой модели

В рамках моделирования между двумя конечными точками передавался низкоскоростной мультимедийный трафик UDP (видеопоток, IP-телефония). На программном сервере Route D был реализован описанный выше метод управления ПС каналов. Для сравнения предлагается использовать результаты передачи трафика без использования предложенного метода на основе следующих показателей качества: среднее время задержки пакетов в сети, средняя эффективная пропускная способность.

Результаты исследования для потоков IP-телефонии представлены в табл. 1, на рис. 5 и 6.

Результаты исследования для видеопотока представлены в табл. 2, на рис. 7 и 8.

Таблица 1

Результаты исследования для потоков IP-телефонии

	Средняя		Минимальная		Максимальная	
	задержка, с	ПС, Мбит/с	задержка, с	ПС, Мбит/с	задержка, с	ПС, Мбит/с
Без метода	0,515	0,031	0,47	0,0195	0,528	0,055
Метод	0,244	0,12	0,2	0,106	0,28	0,122

Таблица 2

Результаты исследования для видеопотока

	Средняя		Минимальная		Максимальная	
	задержка, с	ПС, Мбит/с	задержка, с	ПС, Мбит/с	задержка, с	ПС, Мбит/с
Без метода	0,545	0,982	0,536	0,536	0,578	2,172

Метод	0,286	0,114	0,142	0,142	0,542	0,122
-------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

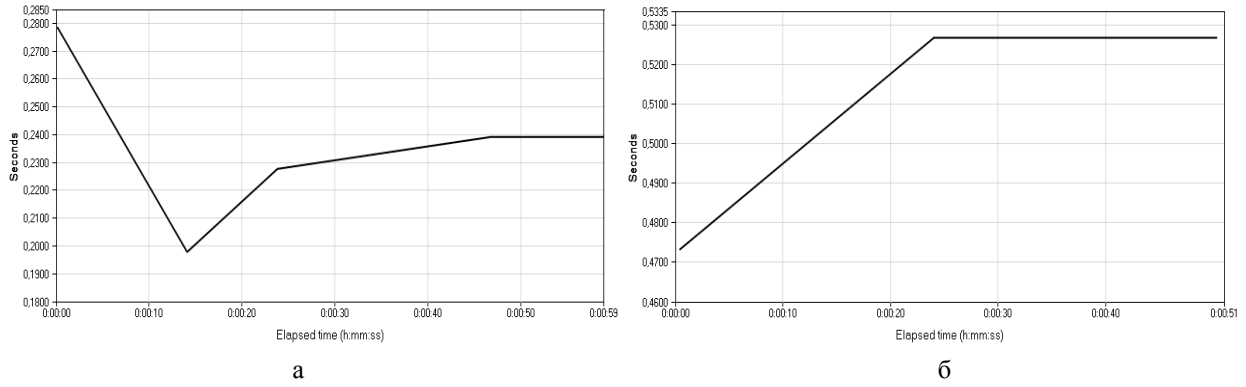


Рис. 5. Средняя задержка (IP-телефония): а – с использованием метода; б – без использования метода

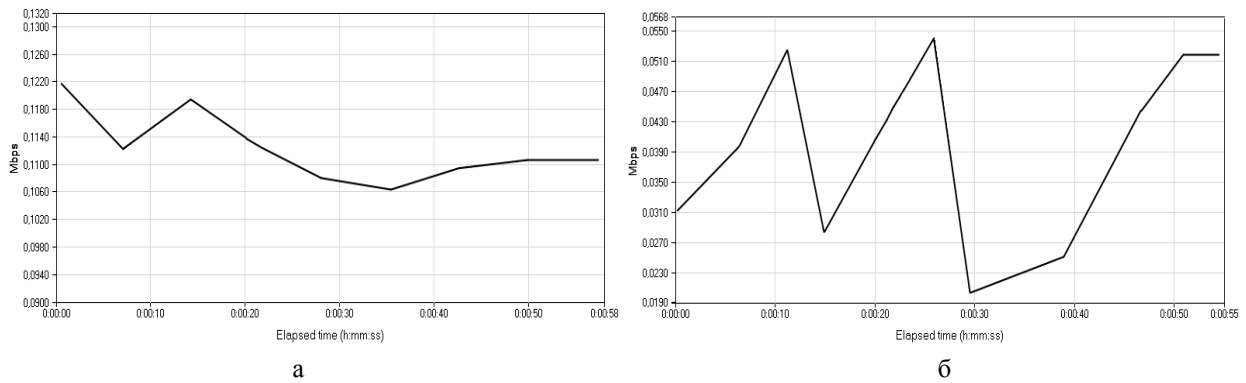


Рис. 6. Пропускная способность (IP-телефония): а – с использованием метода; б – без использования метода

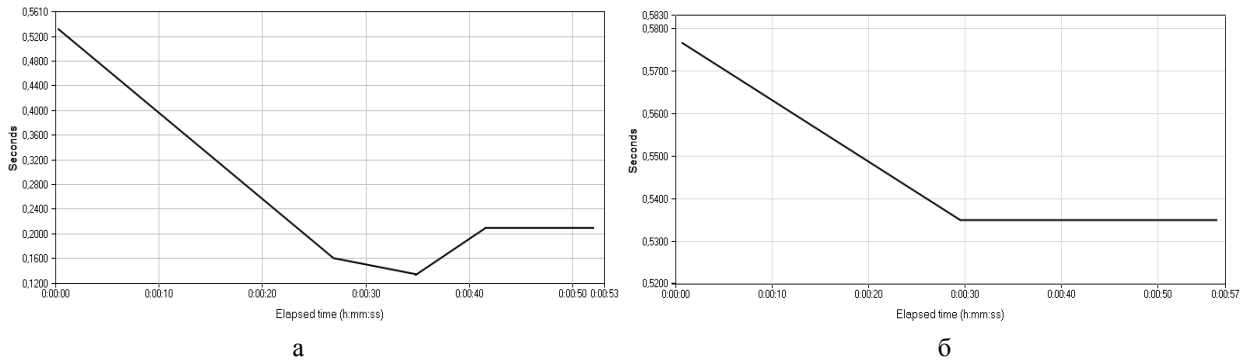


Рис. 7. Средняя задержка (IP-видеопоток): а – с использованием метода; б – без использования метода

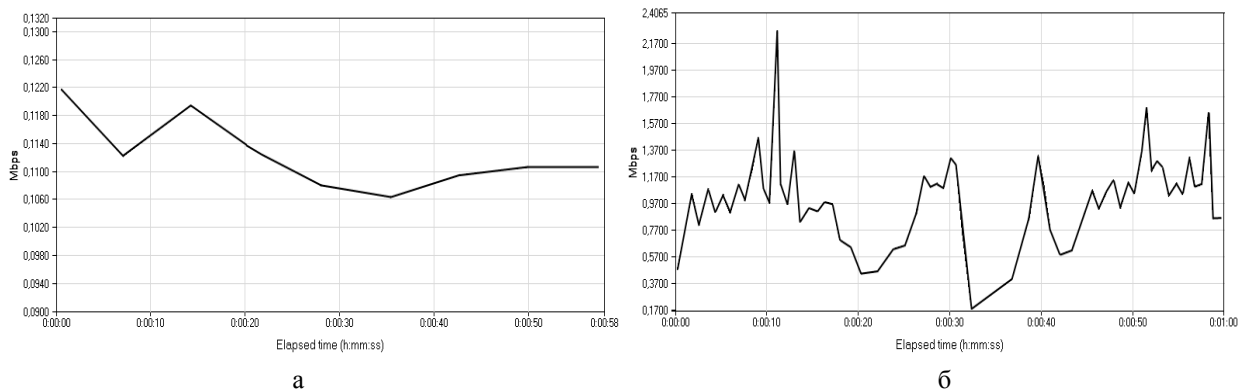


Рис. 6. Пропускная способность (видеопоток): а – с использованием метода; б – без использования метода

Результаты моделирования позволяют сделать следующие выводы для рассмотренного частного случая ТКС:

- представленный метод управления является эффективным как для случая передачи оцифрованного голоса, так и видео;

- предложенный метод позволяет уменьшить общее время задержки пакетов в сети приблизительно в два раза; увеличить общую эффективную пропускную способность – от 20% в случае видеопотока до нескольких раз в случае передачи голоса;

- метод позволяет уменьшить пульсации мультимедийного трафика в ТКС.

Выводы

По результатам статьи можно сделать следующие **заключения**:

1. В данной работе использованы алгоритмы УА, предназначенные для выбора оптимального канала или набора каналов с минимальной ПС и стоимостью для передачи мультимедийного потока в децентрализованной агентной системы. Научная новизна заключается в предложенном механизме анализа непригодных для передачи данных в настоящий момент времени каналов.

2. Предложенный метод имеет ряд преимуществ: учет динамики процессов в мультисервисных гетерогенных ТКС; обеспечение адаптивной балансировки информационных ресурсов, как одиночного УА, так и всей сети в целом.

3. Проведенное программное имитационное моделирование показало, что предложенный метод позволяет, в частных случаях, повысить производительность сети на 20 – 60% в терминах используемых показателей качества.

4. Внедрение предложенной модели и алгоритма в практические разработки способно уменьшить локальные перегрузки в отдельных узлах, адаптировать сеть к изменяющемуся, многокритериальному, многоприоритетному трафику, характерному для мультисервисных ТКС.

Список литературы

1. Вегешина Ш. Качество обслуживания в сетях IP / Ш. Вегешина ; пер.с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 386 с.

2. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / За заг. ред. В.В. Поповського – Х.: ТОВ «Компанія СМІТ». – 2006. – 564 с.

3. Kasabov N. Introduction: Hybrid intelligent adaptive systems / N. Kasabov // International Journal of Intelligent Systems, – 1998. – Vol. 6. – P. 453 – 454.

4. Лемешко А.В. Динамическая модель балансировки буферных и канальных ресурсов транспортной сети телекоммуникационной системы [Электронный ресурс] / А.В. Лемешко, Д.В. Симоненко // Проблемы телекоммуникации. – 2010. – № 2 (2). – С. 42 – 49. – Режим доступа к журн.: http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102_lemeshko_dynamic.pdf.

5. Буханько А.Н. Реализация двух подходов к управлению сетевыми ресурсами в телекоммуникационных системах с учетом совокупности показателей качества обслуживания / В.М. Безрук, А.Н. Буханько, Ю.М. Бидный, А.Н. Демин // Радиоэлектроника та інформатика. – 2011. – № 1 (52). – С. 30-35.

Поступила в редколлегию 30.04.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.М. Безрук, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

ЗАСТОСУВАННЯ МЕТОДУ УПРАВЛІННЯ ПРОПУСКНОЮ ЗДАТНІСТЮ КАНАЛІВ ПРИ ПЕРЕДАЧІ МУЛЬТИМЕДІЙНОГО ТРАФІКУ

О.М. Буханько

У даній статті розглядаються питання застосування оригінального методу управління каналними ресурсами в децентралізованій агентній системі для рішення задач поліпшення основних показників якості при передачі мультимедійного трафіку. Імітаційне моделювання проведене з використанням спеціально розробленого програмного комплексу. Впровадження запропонованої моделі й алгоритму в практичні розробки здатне зменшити локальні перевантаження в окремих вузлах, адаптувати мережа до трафіку, характерному для мультисервісних додатків

Ключові слова: мультиагентна мережа, метод управління, каналні ресурси, пропускна здатність, середня затримка, моделювання

APPLICATION OF BANDWIDTH MANAGEMENT OF CHANNELS IN MULTIMEDIA TRAFFIC

A.N. Bukhanko

The questions of applying of the original method of control of channel resources in a decentralized agent-based system for solving problems of improvement of key indicators of quality in the transmission of multimedia traffic were examined in this article. Simulation modeling was carried out using specially developed software. Implementation of the proposed model and algorithm in the practical development can reduce local congestion in the individual nodes and adapt network to traffic, which is typical for multi-service applications

Keywords: multi-agent network control method, channel resources, throughput, average latency, simulation.