

УДК 004.042

Шыхалиев Р.Г.

Институт Информационных Технологий НАНА, Баку, Азербайджан

ramiz@science.az

ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ МОНИТОРИНГА КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЕЙ

Предлагается модель оптимизации мониторинга компьютерных сетей (КС), которая позволяет минимизировать время, затрачиваемое на мониторинг. Основной целью при этом является оптимизация мониторинга сетевых узлов КС при заданных сетевых ресурсах. Для достижения этой цели предлагается использовать модель системы поллинга, оптимизируя которую можно достичь минимизации времени мониторинга.

Ключевые слова: компьютерные сети, сетевой мониторинг, поллинг сетевых узлов, SNMP-поллинг, системы поллинга, дисциплина поллинга, среднее время ожидания.

1. Введение

Непрерывно растущий масштаб и сложность современных компьютерных сетей (КС) увеличивают потребность в их автоматическом управлении. При этом время, затрачиваемое на принятие решений по управлению сетью, имеет существенное значение, особенно при нарушении безопасности сети и возникновении аварийных ситуаций в критических системах.

Ключевым компонентом автоматического управления КС является мониторинг в режиме реального времени, одной из задач которого является измерение характеристик сетевых узлов и каналов связи, позволяющих контролировать основные параметры сети. При этом для получения значений характеристик сетевых узлов и каналов связи может быть использован непосредственный поллинг узлов КС в режиме реального времени. Исходя из этого, мониторинг КС может быть смоделирован как система поллинга [1], что позволит в режиме реального времени непрерывно обновлять данные мониторинга и обеспечивать их актуальность.

Как правило, мониторинг КС осуществляется только в отношении основных (или критических) сетевых узлов [2], к которым относятся серверы, маршрутизаторы, коммутаторы, хабы и межсетевые экраны. Кроме основных сетевых узлов при необходимости также может быть осуществлен мониторинг и других сетевых узлов, например рабочих станций, терминалов и т.д. Конечно, самой лучшей стратегией мониторинга КС был бы постоянный опрос всех ее узлов в реальном времени с целью получения всеобъемлющей информации о состоянии КС. Однако из-за распространения задержки при поллинге монитором узлов сети (SNMP-агентов) и увеличения общего времени обработки всех запросов увеличивается время реагирования сетевой управляющей системы на возможные аварийные и аномальные ситуации, что особенно актуально в больших КС. В итоге снижается эффективность систем управления КС, то есть эффективность систем управления сетями зависит не только от эффективности алгоритмов управления, но и от оптимальности мониторинга сети. Таким образом, оптимизация мониторинга КС, то есть оптимизация поллинга узлов КС, является одной из главных задач по управлению КС. Следовательно, необходимо разработать новый подход к мониторингу КС для оптимизации процесса мониторинга. При этом оптимизация процесса мониторинга позволит уменьшить время реагирования сетевой управляющей системы на инциденты и аварийные ситуации. Исходя из этого, в статье для мониторинга КС предлагается использовать теорию систем поллинга.

2. Системы поллинга

Системы поллинга являются разновидностью систем массового обслуживания, состоящих из нескольких очередей, которые обслуживаются одним сервером. При этом сервер по определенному правилу переключается между очередями и обслуживает находящиеся в них заявки (рис. 1) [1]. Имеется большое количество литературы по исследованию систем поллинга, и в [3] приводится анализ систем поллинга с различными дисциплинами обслуживания, например, с исчерпывающей (exhaustive), шлюзовой (gated) и ограниченной (limited) дисциплинами.

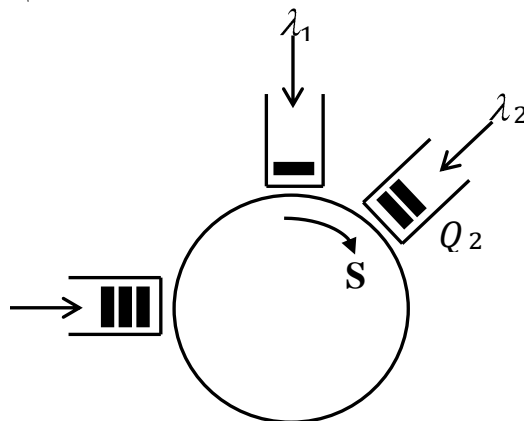


Рис.1. Модель циклического поллинга

Термин «поллинг» происходит от так называемой схемы опроса, предназначенной для управления общим каналом передачи данных. В этой схеме опроса центральный компьютер (сервер) опрашивает каждый терминал (очередь) на наличие у него (клиента) какой-либо информации для передачи. При этом получивший запрос терминал передает информацию, а затем сервер переключается на следующий терминал, чтобы уже у него проверить наличие информации для передачи. В итоге сервер опрашивает все терминалы и таким образом управляет процессом передачи информации по общему каналу передачи данных.

Приведенная выше модель может быть рассмотрена как основная стандартная модель поллинга. Предполагается, что модель поллинга состоит из N очередей ($N \geq 1$) Q_1, \dots, Q_N и одного сервера S , циклически опрашивающего очереди по определенной дисциплине $D_i, i = 1, \dots, n$. При этом для переключения сервера S от очереди Q_i к очереди Q_{i+1} затрачивается определенное время, которое называется временем переключения и является независимой случайной величиной. В работе [4] приводится анализ поллинг-моделей без времени переключения, в которой предполагается, что переключения сервера происходят мгновенно.

Модель поллинга аналогична модели синхронного мультиплексирования с временным разделением (СМВР) [5]. Однако модель СМВР отличается тем, что независимо от того, имеются ли в очередях заявки или нет, для обслуживания каждой очереди сервером выделяется фиксированное время.

Системы поллинга характеризуются процессом поступления в очереди заявок, процессом обслуживания заявок, процессом переключения сервера между очередями, размером буфера и дисциплиной обслуживания.

Процесс поступления заявок происходит в соответствии с их очередностью и независимо друг от друга. Часто в литературе эти процессы считаются Пуассоновским процессом с интенсивностью λ_i , где $i = 1, \dots, N$, то есть временной интервал между заявками одного и того же типа имеет экспоненциальное распределение. Однако в некоторых реальных системах это утверждение может быть несостоятельным, и поэтому,

исходя из сущности сбора данных мониторинга, мы рассматриваем поступление заявок с обновлением.

Процесс обслуживания заключается в том, что каждый раз, когда сервер опрашивает очередь, начинается период обслуживания, в котором обслуживаются заявки текущей очереди. Для обслуживания каждой заявки требуется определенное время. При этом предполагается, что для обслуживания одного и того же типа заявок время обслуживания является независимой, равномерно распределенной случайной величиной и не зависит от состояния системы.

Процесс переключения сервера между очередями заключается в переключении сервера с одной очереди на другую и обычно для этого требуется некоторое время. Затрачиваемое на переключение между выбранной парой очередей время является независимой случайной распределенной величиной.

Несмотря на то, что указанные стохастические временные показатели являются очень важными, они не позволяют полностью идентифицировать систему поллинга. Производительность поллинг-систем также зависит от количества очередей, размера буфера, дисциплины обслуживания и дисциплины опроса.

Обычно размер буфера каждой очереди в поллинг-системе предполагается неограниченным (бесконечным), в некоторых исследованиях рассматриваются также единичные буферы. Несмотря на то, что предположения бесконечности не всегда совпадают с действительностью, считается, что размер буфера не является ограничивающим фактором.

2.1. Дисциплины обслуживания

Дисциплина обслуживания определяется количеством заявок, которые обслуживаются в течение одного посещения сервером очереди. Внутри очереди заявки обслуживаются в порядке, определяемом дисциплиной обслуживания, причем чаще всего в порядке поступления в очередь. В литературе предлагается множество различных дисциплин обслуживания очередей. Дисциплины обслуживания могут быть классифицированы как дисциплины обслуживания с ограниченным числом заявок, в которых количество заявок, обслуживаемых сервером при текущем посещении очереди, ограничивается, и как дисциплины с ограниченным временем, в которых на посещение сервером очереди налагаются временные ограничения.

Кроме того, дисциплины обслуживания можно разделить на так называемую исчерпывающую, при которой сервер обслуживает заявки до тех пор, пока очередь не опустеет, и шлюзовую [6–8], при которой сервер обслуживает лишь те заявки, которые находились в очереди на момент подключения к ней сервера. В исчерпывающей дисциплине обслуживания вновь прибывающие в очередь заявки могут быть потенциальными кандидатами на обслуживание сервером, а в шлюзовой дисциплине они таковыми не являются. Если сервер обслуживает только те заявки, которые находились в очереди в момент начала цикла, то говорят о глобально-шлюзовой дисциплине, анализ которой проведен в [9].

Путем объединения различных дисциплин обслуживания может быть получено множество гибридных дисциплин. Некоторые из этих дисциплин обслуживания изучались в литературе, например, вероятностно-ограниченная дисциплина обслуживания [10], l_i -ограниченная дисциплина, при которой число заявок, которое может обслуживать сервер, ограничено числом l_i , $l_i \geq 1$, l_i – уменьшающая дисциплина, при которой сервер обслуживает заявки в очереди до тех пор, пока ее длина не станет на l меньше, чем была в момент подключения сервера, $l \geq 1$.

При вероятностной дисциплине обслуживания число заявок, которое может обслужить сервер в очереди Q_i , определяется значением дискретной случайной величины

ξ_i , имеющей закон распределения $d_j^i, j \geq 1$, причем закон распределения может меняться при каждом посещении очереди. Примерами вероятностных дисциплин являются дисциплина Бернулли и биномиальная дисциплина.

Дисциплина Бернулли [11], при которой первая заявка в очереди Q_i обслуживается с вероятностью 1, а каждая последующая – с заданной вероятностью p_i . С вероятностью $1 - p_i$ сервер покидает очередь. Для данной дисциплины закон распределения имеет вид $d_i^j = p^{j-1}, j \geq 1$. Биномиальная дисциплина [12], при которой случайная величина ξ_i (число заявок, которое может обслужить сервер в очереди Q_i) имеет биномиальное распределение с параметрами X_i и p_i , где X_i – число заявок в очереди Q_i в момент подключения к ней сервера, p_i – некоторое число и $0 < p_i \leq 1$. Для данной дисциплины закон распределения имеет вид $d_i^j = C_{X_i}^j p_i^j (1 - p_i)^{X_i - j}, j = \overline{1, X_i}, d_i^j = 0$ для $j > X_i$. Подробная классификация дисциплин обслуживания поллинг-систем дана в [13], в которой также приведены соотношения между числом заявок в системе при различных дисциплинах обслуживания.

2.2. Способы переключения

Кроме множества дисциплин обслуживания очередей, которые описывают поведение сервера при обслуживании очереди, также имеется несколько способов переключения (выбора очереди) сервера между очередями. Основной моделью поллинга является циклическая модель, при которой сервер посещает очереди в порядке $Q_1, Q_2, \dots, Q_N, Q_1, Q_2, \dots, Q_N, \dots$. При этом время, затрачиваемое сервером на обход очередей от Q_1 до Q_N , называется циклом. Вместе с тем основная циклическая модель имеет некоторые обобщения, такие, как вероятностный, периодический и приоритетный поллинги.

Вероятностный поллинг заключается в том, что сервер с вероятностью $p_i, i = \overline{1, N}$ выбирает очередь Q_i для обслуживания, при этом $\sum_{i=1}^N p_i = 1$. Возможен также и другой вариант выбора очереди с вероятностью $p_{ij}, i, j = \overline{1, N}$, после посещения очереди Q_i сервер переключается к $Q_j, \sum_{j=1}^N p_{ij} = 1, i = \overline{1, N}$.

Периодический поллинг заключается в том, что сервер обслуживает очереди в фиксированном $Q_{T(1)}, Q_{T(2)}, \dots, Q_{T(M)}, Q_{T(1)}, Q_{T(2)}, \dots, Q_{T(M)}, \dots$ порядке, установленном по таблице поллинга $(T(1), T(2), \dots, T(M))$ длины M ($M \geq N$), $T(i) \in \{1, \dots, N\}, i = \overline{1, M}$, в которой каждая очередь обслуживается по крайней мере один раз. При этом предполагается, что таблица поллинга содержит номера всех очередей системы, и время, затрачиваемое сервером на обход очередей от $Q_{T(1)}$ до $Q_{T(M)}$, называется циклом. В работе некоторых систем поллинга выделяют гамильтоновы цикл – это время, за которое сервер посещает все очереди, причем ровно один раз. Частными случаями периодического порядка обхода очередей являются обход типа «звезда», когда очереди обслуживаются в порядке $Q_1, Q_2, Q_1, Q_3, \dots, Q_1, Q_N$, и элеваторный порядок (порядок лифта) обхода очередей, при котором очередь обслуживается в порядке $Q_1, Q_2, \dots, Q_{N-1}, Q_N, Q_N, Q_{N-1}, \dots, Q_2, Q_1$.

Приоритетный поллинг заключается в том, что система имеет очереди разных приоритетов, и некоторая очередь может быть обслужена сервером, только если более приоритетные очереди не содержат заявки.

Если все очереди системы поллинга имеют дисциплины обслуживания одного типа, то говорят о системе поллинга с данной дисциплиной обслуживания (например, с исчерпывающей, ограниченной и другими дисциплинами обслуживания). Если дисциплины обслуживания очередей различны, то говорят о системе поллинга со смешанной дисциплиной обслуживания. В зависимости от цели и задачи управления и мониторинга КС может быть выбрана та или иная дисциплина обслуживания.

3. Модель поллинга узлов КС

Поллинг широко используется в КС для определения состояния ее узлов в режиме реального времени. Обычно во многих сетях опрос проводится периодически с фиксированной частотой и для этого используется протокол SNMP (Simple Network Management Protocol) [14, 15]. SNMP является стандартным протоколом управления сетью и позволяет обеспечить интероперабельность систем управления сетью и широко использовать их для управления и мониторинга сетевых узлов в КС.

SNMP определяет структуру иерархически организованной базы данных, которая хранится в сетевых узлах КС. В каждом узле содержится информация о предлагаемой услуге, таблице маршрутизации, а также различные статистические данные, отражающие их состояние, которые хранятся в так называемой базе данных МІВ (Management Information Base) [16]. При этом должны быть измерены такие характеристики, которые описывают различные аспекты поведения сети, и в каждом узле КС может храниться несколько параметров, отражающих его состояние. Однако, несмотря на то, что SNMP является простым протоколом, у него имеются некоторые недостатки по оптимальному использованию пропускной способности сети. Например, опрос узлов сети в виде «один запрос, один ответ», необходимость идентификации объекта (OID – object identifier), невозможность фильтрации и т.д. увеличивают время отклика на запросы монитора, что особенно актуально в низкоскоростных сетях.

Исходя из того, что мониторинг КС является процессом сбора данных характеристик узлов, его можно смоделировать как систему поллинга. Для мониторинга КС предлагается простейшая абстрактная модель (рис. 2), которая состоит из центрального узла, так называемого центра мониторинга сети или монитора M и N сетевых узлов, к которым относятся хосты, серверы, маршрутизаторы, коммутаторы, хабы, межсетевые экраны и т.д. Предложенная модель поллинга узлов КС основывается на SNMP. В этой модели монитор использует SNMP-поллинг и МІВ-базу для получения данных мониторинга от сетевых узлов. Монитор получает информацию от МІВ-базы путем периодического опроса встроенных в сетевые узлы SNMP-агентов в режиме реального времени. Как правило, опрос проводится синхронно отправлением запросов к SNMP-агентам, находящимся в узлах, и получением информации о текущем состоянии узлов КС. Вместе с тем, для точного определения состояния узлов в режиме реального времени, опрос узлов должен проводиться часто и при таком мониторинге небольших КС существенные проблемы не возникают. Вместе с тем постоянное изменение содержания МІВ-таблиц приводит к необходимости частого опроса узлов, чтобы обеспечить актуальность собранных данных мониторинга. Однако с ростом размеров и сложности КС увеличивается и размер МІВ-таблиц (например, таблицы TCP-соединений и IP-маршрутизации), что приводит к увеличению времени опроса. Но редкий опрос узлов затрудняет понимание их состояния в режиме реального времени, а также в целом состояние КС.

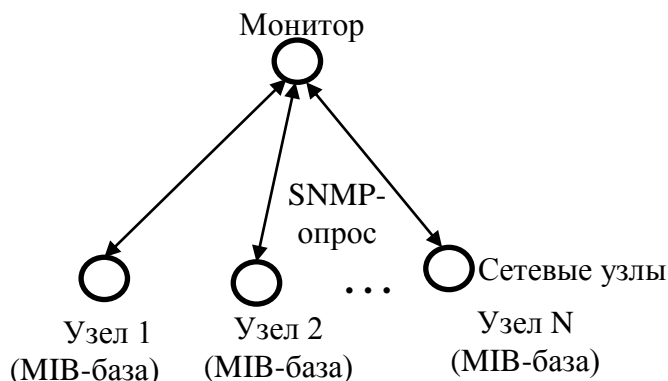


Рис.2. Абстрактная модель мониторинга КС

Для решения проблемы передачи больших и динамически изменяющихся МІВ-баз в [17] предложен механизм, так называемый GetModify, который передает данные, измененные только в интервалах между опросами SNMP-агентов. Причем может быть вычислена скорость передачи данных, в том числе количество пакетов, и информации, переданной за единицу времени.

Из вышеописанной модели мониторинга КС (рис. 2) можно заключить, что процесс опроса узлов сети монитором, то есть процессы от отправки монитором запроса к сетевым узлам до получения и обработки данных мониторинга, имеют сходство с моделью системы поллинга (смотри рис. 1).

Используя это сходство, модель опроса монитором сетевых узлов может быть показана в виде системы поллинга (рис. 3). При этом для оптимизации мониторинга КС следует учитывать порядок опроса узлов сети, количество обслуживаемых заявок и порядок обслуживания заявок в каждой очереди.

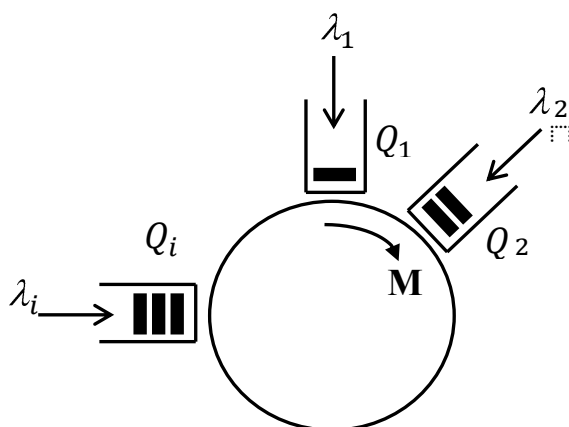


Рис.3. Модель поллинга монитором сетевых узлов

Математическая модель мониторинга КС (модель поллинга узлов КС) может быть описана следующим образом. Предполагается, что единственный сервер (монитор) M обслуживает по циклу очереди N (узлы сети) Q_1, \dots, Q_N с бесконечной емкостью (множество заявок может быть сохранено в каждой очереди без потерь), переключаясь с одной очереди (узла) на другую. Рассматривается система поллинга с исчерпывающей дисциплиной обслуживания очередей, то есть при текущем посещении сервером очереди Q_i обслуживаются все заявки (обрабатываются все данные мониторинга), находящиеся в ней, и с вероятностным переключением сервера с очереди на очередь с вероятностью $p_i, i = \overline{1, N}$, что позволит снизить объем трафика поллинга. При этом процесс поступления заявок (данных мониторинга) является независимым Пуассоновским процессом. Заявки поступают в очередь Q_i с интенсивностью λ_i , где $i = 1, \dots, N$, и общая интенсивность поступления заявок в систему является $\lambda = \sum_{i=1}^N \lambda_i$. Заявки, поступающие к очереди Q_i называются заявками i -класса и их время обслуживания является независимой случайной величиной со средним значением β_i и вторым моментом $\beta_i^{(2)}$, $i = 1, \dots, N$. Загрузка очереди Q_i обозначается через ρ_i и определяется как $\rho_i := \lambda_i \beta_i$, где $i = 1, \dots, N$ и общая загрузка системы является $\rho := \sum_{i=1}^N \rho_i$. Время обслуживания очереди Q_i является независимой и равномерно распределенной величиной с функцией распределения $B_i(t)$ с моментами $b_i^{(r)} = \int_0^\infty t^r dB_i(t)$, $r \geq 1$ и преобразованием Лапласа-Стилтьеса (Laplace-Stieltjes transform (LST)) $\beta_i(s) = \int_0^\infty e^{-st} dB_i(t)$, $i = \overline{1, N}$. Необходимым и достаточным условием стабильности (эргодичности) описываемой системы считается $\rho < 1$ [18] и это

условие не зависит от времени переключения сервера из очереди в очередь, причем система является незагруженной.

Время ожидания заявки в очереди Q_i определяется временем между поступлением произвольной заявки в систему и началом ее обслуживания. Предполагается, что в очереди заявки обрабатываются по принципу «первым пришел – первым обслужен» (First Come, First Served (FCFS)).

Сервер после обслуживания покидает очередь Q_i используя время переключения типа i , которое является независимой случайной величиной со средним значением t_i , вторым моментом $t_i^{(2)}$, $i = 1, \dots, N$ и преобразованием Лапласа-Стилтьеса $T_i(s), i = \overline{1, N}$. При этом предполагается, что время переключения сервера не зависит от процессов поступления и обслуживания заявок в очереди Q_i .

Среднее время цикла, осуществляемого сервером, как правило, не зависит от очереди Q_i и обозначается как $E[C]$. Среднее время ожидания обслуживания заявки в очереди Q_i обозначается как $E[W]$.

4. Оптимизация поллинга узлов КС

Исходя из описанной в предыдущем разделе модели поллинга узлов КС, задачу оптимизации процесса мониторинга КС сводим к задаче оптимизации модели поллинга узлов КС. Как было показано выше, системы поллинга в основном характеризуются процессом поступления в очереди заявок, процессом обслуживания заявок, процессом переключения сервера между очередями. Причем каждый процесс характеризуется конкретным параметром, например, процесс поступления характеризуется интенсивностью поступления заявок (данных мониторинга), процесс обслуживания – средним временем ожидания заявок в очереди, а процесс переключения сервера между очередями – временем переключения сервера между очередями.

Предполагается, что основным показателем оптимальности поллинг-систем является минимизация среднего времени ожидания заявок в очереди. Поэтому для оптимизации модели поллинга узлов КС решено минимизировать среднее время ожидания заявок в очереди Q_i в рассмотренной выше модели. Для этого используем полученные в [19] оптимальные значения вероятностей $p_i^*, i = \overline{1, N}$ для системы поллинга с исчерпывающей или шлюзовой дисциплиной обслуживания очередей и с вероятностной дисциплиной задаваемой вероятности $p_i, i = \overline{1, N}$ минимизирующей взвешенную сумму средних времен ожидания заявок в очереди Q_i

$$\sum_{i=1}^N \rho_i E[W_i] = \rho \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_i \beta_i^{(2)}}{2(1-\rho)} - \frac{t_i}{1-\rho} \sum_{k \in e} \frac{\rho_k^2}{p_k} + \frac{t_i}{1-\rho} \sum_{k=1}^N \frac{\rho_k}{p_k} - \rho t_i + \rho \frac{t_i^{(2)}}{t_i}, \quad (1)$$

где e является множеством номеров очередей с исчерпывающим обслуживанием.

Задача оптимизации заключается в следующем:

$$\sum_{i=1}^N \rho_i E[W_i] \xrightarrow{p_1, \dots, p_N} \min, \quad \sum_{i=1}^N p_i = 1, p_1 \geq 0, \dots, p_N \geq 0, \quad (2)$$

она представляет собой классическую задачу нелинейной оптимизации с линейными ограничениями. Эта задача оптимизации решается с помощью метода множителей Лагранжа, и ее решение имеет следующий вид [20]:

$$p_k^* = \frac{\sqrt{\rho_k(1-\rho_k)}}{\sum_{j \in e} \sqrt{\rho_j(1-\rho_j)} + \sum_{j \in g} \sqrt{\rho_j}}, \quad k \in e \quad (3)$$

$$p_k^* = \frac{\sqrt{\rho_k}}{\sum_{j \in e} \sqrt{\rho_j(1-\rho_j)} + \sum_{j \in g} \sqrt{\rho_j}}, \quad k \in g, \quad (4)$$

где g является множеством номеров очередей с шлюзовым обслуживанием.

5. Заключение

Современные КС являются настолько сложными и неопределенными системами, что осложняет их описание в виде детерминированных моделей.

В статье предлагается оптимальная модель мониторинга КС, которая позволяет уменьшить время, затрачиваемое на мониторинг, и обеспечит непрерывность обновления и актуальность данных мониторинга. Для этого используется модель поллинг системы, и предлагается модель поллинга узлов КС.

Предполагается, что основным показателем оптимальности поллинг систем является минимизация среднего времени ожидания заявок в очереди. Поэтому задача оптимизации процесса мониторинга КС была сведена к задаче оптимизации модели поллинга узлов КС посредством минимизации среднего времени ожидания заявок в очереди.

Благодарность

Данная работа выполнена при финансовой поддержке Фонда Развития Науки при Президенте Азербайджанской Республики – грант № EIF-RITN-MQM-2/İKT-2-2013-7(13)-29/27/1

Литература

1. Levy H., Sidi M. Polling systems: applications, modeling, and optimization. *IEEE Transactions on Communications*, 1990, vol. 38, no. 10, pp.1750–1760.
2. Ed Wilson. *Network Monitoring and Analysis. A Protocol Approach to Troubleshooting*, Prentice Hall, Inc. Upper Saddle River, New Jersey, 2002, 350. p.
3. Takagi H., Queueing analysis of polling models: an update. In: H. Takagi (ed.), *Stochastic Analysis of Computer and Communication Systems*. North-Holland Publ. Cy., Amsterdam, 1990, pp. 267-318.
4. Borst S.C., Boxma O.J. Polling systems with and without switch-over times // *Operations Research*, 1997, vol. 45, no 4, pp.536–543.
5. Forouzan I., Behrouz A., *Data communications and networking*. - 4th ed., 2007, 1134 p.
6. Mei R.D., Resing J.A.C. Analysis of polling models with two-stage gated service: fairness versus efficiency. In: L. Mason, T. Drwiega, and J. Yan (Eds.), *Managing Traffic Performance in Converged Networks – the Interplay between Convergent and Divergent Forces*, ITC2007, Lecture Notes in Computer Science 4516, 2007, pp.544–555.
7. Mei R.D., Resing J.A.C. Polling systems with two-phase gated service : heavy traffic results for the waiting-time distributions // *Probability in the Engineering and Informational Sciences*, 2008, vol.4, no.22, pp.623–651.
8. Mei R. D., Roubos A. Polling models with multi-phase gated service // *Operations Research*, 2012, vol.1, no.198, pp.25–56.
9. Leung K.K. Cyclic-service systems with probabilistically-limited service // *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 1991, vol.2, no.9, pp.185–193.
10. Boxma O.J, Levy H., Yechiali U. Cyclic reservation schemes for efficient operation of multiple-queue single-server systems / *Annals of Operations Research*, 1992, vol.3, no.35, pp.187–208.
11. Keilson J., Servi L.D. Oscillating random walk models for GI/G/I vacation systems with Bernoulli schedules // *Journal of Applied Probability*, 1986, no.23, pp.790–802.
12. Levy H. Analysis of cyclic polling systems with binomial gated service. In: Hasegawa T., Takagi H., Takahashi Y. (Eds.), *Performance of Distributed and Parallel Systems*, North-Holland, Amsterdam, 1989, pp.127–139.
13. Levy H., Sidi M., Boxma O.J. Dominance relations in polling systems // *Queueing Systems*, 1990, vol. 6, issue 1, pp.155–171.

14. Case J., Fedor M., Schoffstall M., Davin J.: Simple Network Management Protocol (SNMP), RFC 1157, Network Working Group, IETF, 1990.
15. Stallings W., “SNMP, SNMPv2, SNMPv3, and RMON 1 and 2”, 1996, Addison Wesley
16. McCloghrie K., Rose M., Management information base for network management of TCP/IP-based internets: MIB-II, RFC 1213, March 1991.
17. Park S., Park, M., An efficient transmission for large MIB tables in polling-based SNMP / 10th International Conference on Telecommunications, 2003, vol.1, pp.246–252.
18. Takagi H. Analysis of polling systems. MIT Press (Cambridge, Mass.), 1986, 197 p.
19. Boxma O. J. Static optimization of queueing systems / Recent Trends in Optimization Theory and Applications. Ed. Agwal R.P. Singapore: World Scientific Publ., 1995, pp.1–16.
20. Boxma O. J., Levy H., Weststrate J.A. Optimization of polling systems, In: Performance '90, eds. P.J.B. King, I. Mitrani, R.J. Pooley (North-Holland, Amsterdam) pp.349–361.

UOT 004.042

Şıxəliyev Ramiz H.

AMEA İnformasiya Texnologiyaları İnstitutu, Bakı, Azərbaycan

ramiz@science.az

Kompüter şəbəkələrinin monitorinqinin optimallaşdırılmasının bir modeli haqqında

Monitorinq vaxtının minimallaşdırılmasına imkan verən kompüter şəbəkələrinin (KŞ) onlayn monitorinqinin optimallaşdırılması modeli təklif olunur. Əsas məqsəd verilmiş şəbəkə resursları çərçivəsində KŞ qovşaqlarının monitorinqinin optimallaşdırılmasıdır. Bu məqsədə çatmaq üçün polling sisteminin modelindən istifadə edilməsi təklif edilir və onun optimallaşdırılması nəticəsində monitorinq vaxtının minimallaşdırılmasına nail olmaq olar.

Açar sözlər: kompüter şəbəkələri, şəbəkə monitorinqi, şəbəkə qovşaqlarının pollingi, SNMP-polling, polling sistemləri, polling intizamları, orta gözləmə vaxtı.

Ramiz H. Shikhaliyev

Institute of Information Technology of ANAS, Baku, Azerbaijan

ramiz@science.az

On one model for monitoring optimization of computer networks

Article proposes an optimization model for online monitoring of computer networks (CN), which allows minimization of monitoring time. Our main goal is to optimize the monitoring of CN nodes at given network resources. To achieve this goal it is suggested to use the model of polling system by which optimizing monitoring time minimization can be achieved.

Keywords: computer networks, network monitoring, network nodes polling, SNMP-polling, polling systems, polling discipline, mean waiting time.