

УДК 339.138

МЕТОД УВЕЛИЧЕНИЯ СКОРОСТИ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ

С.С. КУЛИКОВ

*Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники
П. Бровка, 6, Минск, 220013, Беларусь*

Поступила в редакцию 25 апреля 2007

Предложен подход к определению факторов, влияющих на быстродействие распределенных информационных систем, рассмотрено решение проблемы временных задержек при передаче информации. Предложен метод увеличения скорости обмена информацией в распределенных информационных системах, основанный на решении проблемы временных задержек при передаче данных.

Ключевые слова: распределенные информационные системы, скорость обмена данными, быстродействие, надежность.

Введение

С ростом сложности информационных систем разработчики все чаще сталкиваются с проблемой снижения производительности, вызванной несовершенством каналов передачи данных и алгоритмов обмена данными. Частные решения этой проблемы, как правило, приводят к чрезмерным финансовым затратам и не всегда могут быть реализованы в силу дороговизны или технической сложности. Следующей по важности в этом ряду является проблема снижения затрат на передачу больших объемов данных, что, в свою очередь, требует создания новых алгоритмов поддержания копий данных на "зеркальных серверах" в актуальном состоянии. В статье рассмотрены подходы к определению факторов, снижающих производительность распределенных информационных систем и предложен метод увеличения скорости обмена данными в таких системах.

Термины и определения

Распределенная информационная система (РИС) — два или более равноправных или составляющих иерархию сетевых приложения, физически расположенных на обособленном аппаратном обеспечении, и имеющих возможность взаимодействовать между собой (и со своими клиентами) посредством сетевых технологий.

Временные задержки — задержки, вызванные несовершенством каналов передачи данных или алгоритмов обмена данными и приводящие к простоям системы и/или отказам или сбоям в работе системы.

Сервер-партнер — аппаратно-программный комплекс, являющийся целой неделимой самостоятельной частью, входящей в состав РИС. Как правило, представлен отдельным компьютером с установленным на нем сетевым приложением.

Зеркалирование — процесс создания точной копии информации РИС на двух или более серверах-партнерах.

Формулировка проблемы

Абстрагировавшись от решения аппаратных проблем передачи данных, рассмотрим проблемы, возникающие на уровне программного обеспечения, и приводящие к возникновению временных задержек.

Выделим два класса таких проблем.

1. Неверное конфигурирование программного обеспечения, вызванное недоступностью для системного администратора полной картины сбоев и задержек, возникающих при взаимодействии компонентов РИС.

2. Несовершенство алгоритмов обмена данными между компонентами РИС, приводящее к передаче данных по невыгодным маршрутам и повторной передаче данных.

Решение проблемы неверного конфигурирования

На текущий момент существует большое количество ПО, позволяющего протестировать сетевое оборудование с целью оптимизации его настроек и повышения надежности работы. Также имеется ПО, позволяющее оптимизировать настройки некоторых программных комплексов с целью повышения их производительности. Однако данное ПО зачастую неприменимо для оптимизации настроек РИС, поскольку РИС предъявляют свои особые требования к среде функционирования, а именно:

минимальное время отклика серверов-партнеров;

минимальное время выполнения серверами-партнерами поставленных перед ними задач;

низкая нагрузка на сетевое оборудование;

повышенные требования к отказоустойчивости (т.к. в реальных условиях РИС приходится работать, в том числе с надежным сетевым оборудованием и под воздействием человеческого фактора, проявляющегося в неверном конфигурировании, непредвиденном отключении или нецелевом использовании части оборудования).

Рассмотрим составляющие, из которых складывается время отклика сервера-партнера на поступивший запрос. Здесь сервер-партнер, отправивший запрос, будем называть "клиентом", а сервер-партнер, которому адресован запрос — "сервером". Пусть t_{ks} — момент времени отправки запроса от клиента; t_{kr} — момент времени получения клиентом результата выполнения запроса; t_{sr} — момент времени получения запроса сервером; t_{ss} — момент времени отправки сервером результатов выполнения запроса, V — объем переданных данных, S — пропускная способность канала связи, к которому подключен клиент. Тогда время, затраченное клиентом на получение данных:

$$T_k = t_{kr} - t_{ks}. \quad (1)$$

Время, затраченное сервером на обработку запроса:

$$T_s = t_{ss} - t_{sr}. \quad (2)$$

Время транспортных задержек:

$$T_t = T_k - T_s. \quad (3)$$

Время, затраченное на передачу данных между клиентом и сервером:

$$T_{\text{расчётное}} = V/S - T_s. \quad (4)$$

Время непредвиденных задержек в канале связи:

$$T_{\text{задержки}} = T_k - T_{\text{расчётное}}. \quad (5)$$

Для больших объемов данных (V) приоритетным является уменьшение $T_{\text{задержки}}$, так как оно, как правило, много больше T_s , в то время как для малых V приоритетно уменьшение T_s ,

поскольку оно, как правило, сопоставимо с $T_{\text{задержки}}$, а уменьшение $T_{\text{задержки}}$ в данном случае представляется крайне сложным или технически невозможным.

Для проверки соответствия среды функционирования РИС перечисленным выше требованиям каждый из серверов-партнеров производит процедуру автоматической настройки с частотой повторения процедуры автоконфигурирования:

$$C_{\text{конфигурирования}} = N/M, \quad (6)$$

где N — среднее количество запросов, отправляемое сервером в единицу времени; M — количество серверов-партнеров, с которыми данный сервер обменивается данными. Таким образом, частота повторения процедуры автоматического конфигурирования будет снижаться с ростом количества серверов-партнеров, что позволяет снизить вероятность возникновения ситуации, когда процедура автоматического конфигурирования начнет занимать время, сопоставимое с выполнением задач пользователей.

Во время процедуры автоматического конфигурирования клиент выполняет следующие действия:

1) клиент запрашивает у всех серверов-партнеров их средние значения времени обработки запросов ($T_s^{\text{среднее}}$). В данном случае ответ сервера представляет собой небольшой объем данных ($V_{\text{малое}}$), не превышающий нескольких байт (по умолчанию значение равно 10 байтам и может быть изменено в зависимости от аппаратной и программной конфигурации сетевого оборудования). Если на данной стадии T_k^i , где i — номер сервера-партнера, велико (и, особенно, если $T_k^i \gg T_s^i$), можно сделать вывод о низком качестве либо низкой надежности канала связи (так как большое значение T_k^i здесь вызвано, как правило, повторными попытками установить соединение, повторной пересылкой пакетов данных и т.п.);

2) клиент запрашивает у всех серверов большой объем данных ($V_{\text{большое}}$), значение которого по умолчанию принимается равным 100 Кб и может быть изменено в зависимости от аппаратной и программной конфигурации сетевого оборудования. Передаваемая в качестве $V_{\text{большое}}$ информация представляет собой последовательность случайных чисел, чтобы минимизировать ошибку расчетов, вызванную возможной программной или аппаратной компрессией данных, и т.о. получить пессимистическую оценку (T_k^i). Если T_k^i сравнимо с T_s^i , можно сделать вывод о том, что сервер сильно перегружен, так как процедура генерации последовательности случайных чисел не является вычислительно емкой задачей. Если $T_k^i \gg T_{\text{расчетное}}^i$, можно сделать вывод о том, что на пути между клиентом и сервером находится участок канала с низкой пропускной способностью.

Клиент повторяет шаги 1 и 2 с частотой $C_{\text{конфигурирования}}$, чтобы определить:

1. Изменилось ли состояние сервера-партнера i и/или состояние канала связи с этим сервером-партнером.

2. Определить дисперсию $D(T_k^i)$. Если $D(T_k^i)$ велика, можно сделать вывод о низкой надежности сервера i как источника данных. Эти рассуждения позволяют ввести понятие *доверия к серверу-партнеру*.

Определение. Доверие к серверу-партнеру — величина, характеризующая вероятность получить запрошенную информацию за ожидаемое время. Критерии доверия к i -му серверу-партнеру таковы:

$$1) A_1^i = \frac{\text{MAX}(D(T_k^i), D(T_s^i), D(T_t^i), D(T_{\text{задержки}}^i))}{\text{AVG}(D(T_k^i), D(T_s^i), D(T_t^i), D(T_{\text{задержки}}^i))} \quad \text{— отношение максимального}$$

значения дисперсии времени при работе с i -м сервером-партнером к среднему значению дисперсии времени при работе с i -м сервером-партнером.

2) A_2^i — количество ошибок установления соединения и передачи данных при работе с i -м сервером-партнером.

3) $A_3^i = \text{MAX}(T_{\text{задержки}}^i) / \text{AVG}(T_{\text{задержки}}^i)$ — отношение максимального времени непредвиденных задержек в канале связи при работе с i -м сервером-партнером к среднему времени непредвиденных задержек в канале связи при работе с i -м сервером-партнером.

4) A_4^i — количество отказов в доступе при обращении к i -му серверу-партнеру.

5) A_5^i — количество случаев отсутствия отклика вызываемого сервера-партнера.

Таким образом, определение доверия к i -му серверу можно рассматривать как частный случай задачи многокритериальной оптимизации, решаемой с помощью стратегии взвешенных сумм [1]:

$$DOV^i = 1/A_1^i + A_2^i + A_3^i + A_4^i + A_5^i \quad (7)$$

Решение проблемы, выраженной в неоптимальном конфигурировании ПО, сводится к построению таблицы доверия, имеющей вид: идентификатор сервера-партнера — доверие к серверу-партнеру. При возникновении у клиента потребности в получении информации, клиент в первую очередь отправляет запрос серверу с наибольшим значением показателя доверия (DOV^i).

Описание эксперимента по автоматическому конфигурированию серверов-партнеров

В процессе эксперимента было рассмотрено четыре случая:

1) РИС состоит из трех серверов-партнеров в локальной вычислительной сети (ЛВС);

2) РИС состоит из трех серверов-партнеров в сети интернет;

3) РИС состоит из пяти серверов-партнеров, три из которых находятся в ЛВС и два — в сети Интернет;

4) РИС состоит из десяти серверов-партнеров, пять из которых находятся в ЛВС, и пять — в сети Интернет.

Для каждого случая было проведено исследование с жестким конфигурированием (таблица приоритетов серверов-партнеров задается жестко) и гибким конфигурированием на основе таблицы доверия. В качестве передаваемых данных был использован прототип системы дистанционного обучения IntEdu, разработанной на кафедре ПОИТ БГУИР. Оценивалось среднее время получения запрошенных данных. Результаты эксперимента представлены в таблице.

Результаты эксперимента по автоматическому конфигурированию серверов-партнеров

Случай	Среднее время получения информации, мс	
	при жестком конфигурировании	при гибком конфигурировании
1	290	132
2	1893	1211
3	1162	412
4	967	378

Исследование показало, что применение предложенного метода автоматического конфигурирования позволило сократить среднее время получения информации в 1,6–2,8 раза.

Решение проблемы избыточного обмена данными

Утверждение 1. Полное зеркалирование информации на серверах-партнерах целесообразно производить по мере поступления от пользователя к серверу-партнеру запроса на информацию, отсутствующую у данного сервера-партнера.

Крупные РИС, обслуживающие обширную аудиторию пользователей, нередко оказываются в ситуации, когда группа пользователей, обслуживаемых данным сервером-партнером, нуждается в сравнительно небольшой части набора услуг или информации, предоставляемой РИС. В таком случае полное зеркалирование информации и поддержание копии в актуальном состоянии может занимать время, сопоставимое с временем, необходимым на обслуживание запросов пользователей.

Утверждение 2. Зеркалирование данных дает тем большее увеличение производительности РИС, чем реже данные изменяются, и чем чаще они запрашиваются.

Утверждение 3. В случае, когда информация отсутствует на конечном сервере-партнере, и присутствует на двух или более других серверах-партнерах, существует путь передачи данных, суммарные затраты на котором не больше, чем на альтернативных путях.

Утверждения 1 и 2 приводят нас к выводу о необходимости введения понятия логически атомарной (неделимой) порции данных. Алгоритм определения логически атомарных порций данных может зависеть от предметной области, в которой работает РИС, однако в общем случае атомарной порцией данных может считаться файл, с учетом того, что для текстовой информации файлом считается одна HTML страница, вне зависимости от того, какая часть текстового файла представлена на ней.

С учетом введенного понятия атомарной порции данных и утверждения 3 формируется **метод увеличения скорости обмена информацией в РИС**: при возникновении потребности в получении порции данных выбирается порция данных D , удовлетворяющая условию $D(E=1, \max(T_i))$, где $E=1$ — признак присутствия информации на сервере, $\max(T_i)$ — максимальный показатель доверия для серверов, на которых присутствует информация, i — i -й сервер. Таким образом, запрос посылается на тот сервер-партнер, на котором данные присутствуют, и показатель доверия которому максимален.

Предложенные рекомендации по оптимизации настроек РИС и метод повышения скорости обмена данными применим только к РИС, в графе взаимодействия серверов-партнеров которой есть как минимум один альтернативный путь. В противном случае предложенный метод не применим, так как он не позволяет обнаружить альтернативный путь передачи данных (в силу отсутствия такого пути) и таким образом решить поставленную задачу.

Заключение

Применение предложенного метода увеличения скорости обмена информацией в РИС на практике приводит к существенному снижению затрат на функционирование РИС, что позволяет расширить спектр выполняемых с их помощью задач без необходимости модернизации аппаратного обеспечения коммуникационных систем, а также внедрять РИС на предприятиях и в учреждениях образования, обладающих крайне медленными и ненадежными каналами связи. Достоинством этого метода является отсутствие необходимости модернизации аппаратного обеспечения и системного программного обеспечения РИС, а также возможность применять данный метод для оптимизации работы существующих РИС.

THE METHOD FOR ACCELERATION OF INFORMATION INTERCHANGE IN DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEMS

S.S. KULIKOV

Abstract

The approach to definition of distributed information systems speed factors is proposed in this article. The resolution of data transmission lags problem is reviewed. The method of speed acceleration for information interchange in distributed information system is introduced based on the approach and resolution mentioned above.

Литература

1. Madsen K., Schjaer-Jacobsen H. // IEEE Transactions of Circuits and Systems, Vol. CAS-26, Sept. 1979.
2. Куликов С.С. // Информатизация образования. 2006. № 3. С. 27–38.