



В.П. Корячко, Д.А. Перепелкин, М.А. Иванчикова

ОРГАНИЗАЦИЯ АДАПТИВНОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В СЕТЯХ ЦЕНТРОВ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

(Рязанский государственный радиотехнический университет)

В последнее время по мере роста информационных систем, развития технологий и методик, связанных с обработкой больших объемов данных, популярность приобретают высокопроизводительные вычисления (High performance computing, HPC). Для обеспечения возможностей HPC и разработки технологий их обслуживания используют центры обработки данных (ЦОД). Однако для развертывания крупномасштабных систем с поддержкой эффективной производительности и отказоустойчивости целесообразно распределять информационные ресурсы между несколькими ЦОД. Площадки ЦОД соединяются производительными каналами связи с пропускной способностью в десятки гигабит. Если площадки находятся в одном городе, и расстояние между ними не превышает 50 км, то из нескольких площадок можно создать единый вычислительный центр, в рамках которого применимы классические алгоритмы маршрутизации трафика. В связи с этим необходимо решить задачу маршрутизации данных как внутри ЦОД, так и между ЦОД, обеспечивающей гибкое масштабирование информационных систем, высокую скорость обработки данных и быструю реакцию на изменения в сетевой топологии.

Наиболее распространенным методом обеспечения высокой производительности, отказоустойчивости и надежности распределенной информационной системы является развёртывание систем вторичного хранения или создание резервных ЦОД. Но такой подход усложняет сетевую архитектуру и увеличивает временные и финансовые эксплуатационные расходы.

В настоящее время для организации соединений между ЦОД используют сетевые оверлейные технологии виртуализации VXLAN (Virtual Extensible LAN) и OTV (Overlay Transport Virtualization), позволяющие получить новую логику работы сети ЦОД, используя в качестве основы стандартные протоколы.

VXLAN является перспективной технологией и имеет следующие особенности:

- постоянно дорабатывается;
- поддерживается и развивается многими компаниями;
- поддерживается на более дешевых классах устройств;
- достаточно гибкая: поддерживает виртуальное и коммутационное оборудование (Host-based и Network-based), работает как внутри ЦОД, так и между ними;
- обеспечивает одновременную многопутевую передачу пакетов;
- поддержка более 16 млн. логических сегментов (VXLAN сетей);
- используется в программно-конфигурируемых сетях.



Технология OTV разработана компанией Cisco для обеспечения связи распределённых сегментов L2-сети через IP-сеть. В отличие от VXLAN технология OTV рассчитана на связь L2-сетей только между ЦОД. Данная технология использует протокол IS-IS (Intermediate System to Intermediate System), основанный на алгоритме Дейкстры.

Для решения задачи поиска оптимальных маршрутов в сетях ЦОД широко используется алгоритм Дейкстры. Данный алгоритм применяется для построения таблиц маршрутизации в протоколе OSPF (Open Shortest Path First) и в протоколе динамической маршрутизации IS-IS. В настоящее время сеть ЦОД может обслуживаться несколькими провайдерами связи [1]. Для решения задачи эффективной маршрутизации в сетях нескольких провайдеров связи в работе [2] предложен модифицированный алгоритм Дейкстры. В работах [3,4] предложены алгоритмы парных переходов и парных перестановок маршрутов, позволяющие построить дерево оптимальных маршрутов в условиях динамических изменений параметров сети. Так же набирают популярность технологии быстрой перемаршрутизации трафика Fast Reroute (FRR) и управления трафиком Traffic Engineering (TE). Основные принципы технологии FRR подробно рассмотрены в работе [5]. В таблице 1 представлен сравнительный анализ известных алгоритмов маршрутизации.

Таблица 1 – Алгоритмы маршрутизации в сетях ЦОД

Алгоритм	Трудоемкость	Особенности
Классический алгоритм Дейкстры	$O(N^2)$	Применяется в сетях с одним провайдером связи
Модифицированный алгоритм Дейкстры	$O(N^3)$	Применяется в сетях нескольких провайдеров
Алгоритм парных переходов	$O(kmN)$	Применяется в сетях нескольких провайдеров в условиях динамических изменений сетевых параметров
Алгоритм парных перестановок маршрутов	$O(mN)$	Применяется в сетях нескольких провайдеров в условиях динамических изменений сетевых параметров
Алгоритм А. Джарри с применением технологии FRR	$O(m\log N + N^2)$	Основан на вычислении расстояния Беллмана-Форда

Таким образом, каждый из представленных алгоритмов может применяться в сетях ЦОД в зависимости от имеющихся вычислительных ресурсов и условий функционирования сети.

Организация информационной системы в ЦОД представляет единую архитектуру, обеспечивающую решение первоочередных задач: выполнение кон-



солидации ресурсов, обеспечение непрерывности работы и обеспечение безопасности деятельности предприятия.

Используя отказоустойчивые эффективные ЦОД на базе адаптивной сети, предприятия могут перераспределять свои ресурсы, выделенные на развитие организации, адекватно реагируя на действия конкурентов, расширяя рынок своих сервисов, а также ускоряя процесс разработки новых сервисов.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ для молодых ученых - кандидатов наук МК-6016.2016.9, стипендии Президента РФ СП-505.2016.5, программы УМНИК Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере.

Литература

1. Горшков С.Г., Никитин Е.В., Саксонов Е.А. Задача формирования структуры базовой сети // Вестник Тихоокеанского государственного университета. 2010. № 2. С. 59-66.
2. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм адаптивной маршрутизации в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2013. № 2 (44). С. 52-56.
3. Корячко В.П., Перепелкин Д.А., Иванчикова М.А. Алгоритм парных переходов каналов связи при динамическом изменении нагрузки в корпоративных сетях нескольких провайдеров связи с различными зонами покрытия // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. № 47. С. 72-80.
4. Перепелкин Д.А. Алгоритм парных перестановок маршрутов на базе протокола OSPF при динамическом отказе узлов и линий связи корпоративной сети // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. 2014. № 47. С. 72-80.
5. A. Jarry, "Fast reroute paths algorithms", Telecommunication Systems. 2013. Vol. 52, Issue 2. pp. 881-888.

В.А. Кузьмин, Д.В. Глухов

ОПТИМИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА В СИСТЕМЕ КЛАСТЕРНОГО ТИПА

(Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.)

Рост вычислительных мощностей персональных компьютеров и совершенствование технологий компьютерных коммуникаций в последние годы послужили стимулом к созданию и развитию высокопроизводительных компьютерных систем по стоимости значительно меньшей стоимости суперкомпьютеров, которые долгое время были единственным инструментом для решения



сложных задач (в частности, при имитационном моделировании) [1]. Такие системы (называемые кластерами) получили большое распространение и широко используются в различных научно-исследовательских центрах по всему миру [2]. Вообще, определение, кластера, согласно компании DEC (США), которая впервые ввела данное понятие, следующее: кластер есть группа машин, которые связаны между собой и функционируют как единое устройство. Как правило, в таких системах применяются принципы параллельного программирования, т.е., фактически, весь кластер рассматривается в качестве многопроцессорного компьютера. С другой стороны, возможен подход, в котором применяется ряд подзадач, моделирующих отдельные элементы изучаемой системы. В этом случае возникает дополнительный ряд проблем: вопросы синхронизации отдельных элементов, допустимость рассогласования по модельному времени, оптимальное распределение этих элементов внутри кластера.

Под кластерами понимается группа компьютеров (ЭВМ) объединённых в одну вычислительную сеть и работающих как единое целое. Вообще говоря, каких-то строгих требований к машинам, входящих в кластер, не предъявляется. Они могут иметь как различную аппаратную платформу (Intel, Sun, Mac и т.д., в силу большей доступности, чаще используется платформа Intel), так и различную программную платформу (т.е., на машинах кластера могут быть установлены различные операционные системы – Unix/Linux, MS Windows, SUN Solaris и т.д.) [3]. Более того, кластер может состоять из нескольких сегментов LAN, использующих различные сетевые технологии. В случае применения в пределах кластера различных аппаратно-программных решений, такой кластер будет называться гетерогенным, в случае же, если все машины представлены одинаковыми платформами, а локальная сеть построена на одной технологии, то такой кластер будет называться гомогенным [3].

Часть описанных проблем, в принципе, может быть решена при помощи теории расписаний, однако, из неё же известно, что общего решения для всех типов задач не существует, более того, может оказаться, что оптимальное решение найти вообще невозможно. С какой стороны подходить к проблеме распределения задач внутри кластера, можно решить лишь при наличии некоторых эмпирических данных, лишь после чего можно предлагать те или иные варианты. В случае успешного решения проблемы по оптимизации такого вычислительного процесса появляется возможность ускорения вычислений (что позволит приблизить модельное время к реальному, или даже ускорить его, что может быть особо значимо при моделировании длительных процессов), либо ускорения модели при некоторых приемлемых сроках получения конечного результата.

Сложности при распараллеливании возникают с циклами, в которых присутствуют различные зависимости данных. Преобразование циклических конструкций с неявной зависимостью данных, например вычисление рекуррентных последовательностей, существующими средствами либо невозможно, либо малоэффективно даже при использовании специальной аппаратной поддержки.