

УДК 654.027.3

В.И. Корниенко, А.Ю. Гусев, О.В. Морозов

ГВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск

МАРШРУТИЗАЦИЯ ПАКЕТНОГО ТРАФИКА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИСТЕМЫ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА И МУРАВЬИНОГО АЛГОРИТМА ОБУЧЕНИЯ

Разработана модель процесса маршрутизации, содержащая систему нечеткого вывода с муравьиным алгоритмом обучения и обеспечивающая повышение качества обслуживания сети передачи данных за счет учета дополнительных факторов при вычислении параметров метрики узла сети и увеличения скорости доставки пакетов.

Ключевые слова: маршрутизация, нечеткая логика, муравьиный алгоритм, обучение системы нечеткого вывода.

Введение

Совершенствование методов управления в телекоммуникационных сетях играет значительную роль в обеспечении качества обслуживания при передаче данных.

В совокупности с элементами управления потоками данных маршрутизация полностью определяет функционирование всей сети относительно заданного качества и количества предоставляемых услуг. Каждый узел сети имеет маршрутизатор, который содержит таблицу доступных направлений, по которым может быть передан пакет данных на пути к узлу назначения [3].

Развитие информационных телекоммуникационных сетей обуславливает важность решения задачи маршрутизации при использовании технологии пакетной передачи данных [3].

Критериями при выборе маршрута являются время передачи данных, надежность передачи, ширина полосы пропускания канала, загрузка сетевого буфера и др. [1].

Необходимость учета множества факторов сводит процесс маршрутизации к решению задачи оптимального распределения ресурсов сети.

Одним из перспективных методов решений задачи маршрутизации является использование аппарата нечеткой логики (НЛ) [1] с оптимизацией его характеристик на основе алгоритмов роевого интеллекта, в частности, муравьиных алгоритмов (МА).

Основные задачи исследования

- анализ существующих алгоритмов управления трафиком в IP-сетях;
- разработка модели функционирования маршрутизатора;
- разработка алгоритма маршрутизации с элементами НЛ и МА;
- оценка эффективности функционирования алгоритма маршрутизации с элементами НЛ и МА.

Протоколы маршрутизации и алгоритмы управления трафиком в IP-сетях

Архитектура протоколов TCP/IP предназначена для сети, состоящей из соединенных друг с другом маршрутизаторами отдельных разнородных пакетных подсетей, каждая из которых работает в соответствии со своими специфическими требованиями.

Каждый пакет включает в себя информацию, идентифицирующую узел назначения (терминал), т.е. каждый пакет одного информационного потока обрабатывается (маршрутизируется) отдельно от остальных. Таким образом, маршрутизация в технологии IP является основным фактором, влияющим на производительность и эффективность сети в целом.

Каждый маршрутизатор использует таблицу маршрутизации, в которой отражена топология сети на данный момент времени. В общем случае таблица содержит адрес сети назначения, адрес следующего узла на пути к этой сети и метрику (стоимость) маршрута. Формирование и обновление таблицы осуществляется с помощью соответствующих протоколов и алгоритмов маршрутизации.

Наиболее популярны протоколы динамической маршрутизации, в которых таблица маршрутизации заполняется соответствующим алгоритмом маршрутизации. При этом, маршрутизаторы поддерживают свои таблицы маршрутизации путем обмена различными служебными сообщениями, за счет чего происходит периодическое обновление всех таблиц.

Алгоритмы маршрутизации основываются на множестве показателей, свернутых в один интегральный показатель – метрику. Метрика – специфическая структура данных, содержащая в себе в виде компонент показатели качества канала [1].

Поскольку компоненты метрики (показатели) весьма разнородны, то метрика, как правило, является величиной безразмерной.

Анализ протоколов маршрутизации показал, что метрики формируются на основе следующих показателей (табл. 1):

- длина маршрута;
- надежность;
- задержка;
- ширина полосы пропускания;
- стоимость связи.

Таблица 1

Состав метрик популярных протоколов маршрутизации

№	Показатели	Алгоритмы (протоколы)				
		RIP	BGP	OSPF	IGRP/EIGRP	IS/IS
1	Длина маршрута (число переходов)	*				
2	Надежность				x	x
3	Задержка				*	x
4	Ширина полосы пропускания			*	*	
5	Нагрузка (загруженность канала)				x	
6	Стоимость связи					x
7	Произвольно задаваемые		*			x

В табл. 1: * – учитывается по умолчанию, а x – может быть учтен.

Анализ табл. 1 показывает, что протоколы маршрутизации не используют все допустимые показатели маршрута для вычисления метрики. Это обусловлено сложностью учета показателей при формировании метрики.

Алгоритм маршрутизации на основе НЛ

Распространенным протоколом, основанным на дистанционно-векторном алгоритме (DVA), является протокол RIP (Routing Information Protocol).

Его спецификация определяет диапазон значений метрики от 0 до 16. Если значение метрики равно 0, то сеть назначения непосредственно подключена к данному интерфейсу, а значение метрики 16 соответствует недостижимости сети назначения.

Здесь метрика численно равна значению расстояния между узлами связи. Другим фактором, оказывающим влияние на выбор маршрута, может служить степень загруженности буферной памяти выходного интерфейса (маршрутизатора): иногда целесообразно отправить пакет данных по более длинному маршруту, на котором буферы соответствующих интерфейсов не перегружены. То есть при маршрутизации целесообразно рассматривать два параметра: расстояние и загруженность буферной

памяти соответствующего маршрутизатора. Поскольку степень влияния каждого фактора на формирование метрики сложно выбрать в виде конкретной функции, то эту зависимость можно сформировать на основе НЛ.

Критерии значимости параметров, учитываемых при формировании метрики, основываются на базе экспертных оценок.

Нечеткие системы являются эффективным средством формализации эмпирической информации (экспертных оценок) и их систематизации для использования в задачах управления.

Обучение системы нечеткого вывода на основе МА

Выбор формы и вида функций принадлежности (ФП) системы нечеткого вывода зависит от априорного знания степени влияния данного параметра на точность вычисляемой метрики. Исходя из этого, можно выделить два способа выбора формы ФП: экспертное оценивание, которое предполагает выбор формы ФП, исходя из степени важности того или иного параметра, а также обучение системы нечеткого вывода путем оптимизации параметров ФП.

Проблема обучения параметров нечетких моделей решается методами оптимизации нелинейных функций.

Трудности применения классических методов оптимизации нелинейных функций заставили специалистов обратиться к таким метаэвристическим подходам, как алгоритмы имитации отжига, генетические и муравьиные алгоритмы [2] (табл. 2).

Таблица 2

Метаэвристические алгоритмы оптимизации

Алгоритм	Параметры	Точность аппроксимации	Время поиска
Алгоритм отжига	Температура, закон охлаждения, критерий допуска	Низкая	Очень большое
Дискретный МА	Феромон, число муравьев, эмпирические коэффициенты	Невысокая	Небольшое
Непрерывный МА	Число муравьев, размер архива решений, эмпирические коэффициенты	Высокая	Небольшое
Генетический алгоритм	Размер популяций, селекция, мутация, скрещивание	Невысокая	Большое
Алгоритм роящихся частиц	Размер роя, коэффициент инерции, константы ускорения	Высокая	Большое

Исходя из анализа табл. 2, для идентификации параметров ФП был выбран дискретный муравьиный алгоритм (ДМА).

Его основу составляет ориентированный граф со взвешенными дугами, которые являются нормированными значениями параметров ФП [2]. Нечеткая система описывается несколькими лингвистическими переменными, которые содержат несколько функций принадлежности. Муравьи в алгоритме делятся на колонии. Каждая колония муравьев осуществляет нахождение параметров своей функции.

Оценка эффективности функционирования алгоритма маршрутизации с элементами НЛ и МА

В имитационной модели (рис. 1) пакетный трафик направлен из сети А в сеть В. Входная последовательность пакетов поступает на сравниваемые модели маршрутизаторов R1 и R2. Пакеты передаются по трем маршрутам с известными расстояниями. Оконечные устройства сети В (T1, T2) фиксируют время доставки пакетов от маршрутизаторов.

Здесь R1 – модель маршрутизатора с нечеткой системой, дополняющей протокол RIP, а R2 – модель маршрутизатора, работающего с протоколом RIP.

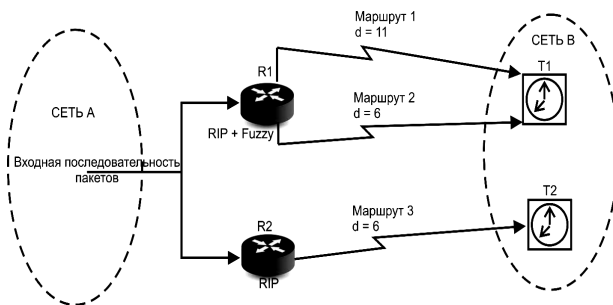


Рис. 1. Схема имитационной модели

Согласно протоколу RIP маршрутизатор R2 передает все пакеты по кратчайшему маршруту (маршрут 3 – $d=6$). В свою очередь R1 может передавать пакеты по двум маршрутам (маршрут 1 – $d=11$, маршрут 2 – $d=6$) в зависимости от метрики, вычисленной при помощи системы нечеткого вывода.

Результат моделирования показал, что среднее время прохождения пакетов через необученный маршрутизатор R1 на 5,5% меньше, чем через R2, а после обучения нечеткой системы вывода с помощью ДМА среднее время прохождения пакетов через маршрутизатор R1 на 80% меньше, чем через R2.

Выводы

Использование системы нечеткого вывода с муравьиным алгоритмом обучения в значительной степени повышает эффективность работы маршрутизатора. При этом дополнительный интерфейс передачи данных снижает загруженность буфера ожидания и открывает возможности решения проблемы потери пакетов из-за переполнения буфера сетевого интерфейса.

Существенным достоинством предложенного алгоритма является его инвариантность ко всем наблюдаемым и управляемым маршрутизаторам.

Дальнейшие исследования должны быть направлены на снижение времени обучения системы нечеткого вывода и оценки эффективности предложенного алгоритма маршрутизации на реальных устройствах.

Список литературы

1. Полукаров Данил Юрьевич. Методы IP-маршрутизации на основе алгоритмов с использованием нечетких множеств: дис. ... канд. техн. наук: 05.13.13 / Полукаров Данил Юрьевич. – Самара, 2007. – 121 с. – Библиогр.: С. 11-26.
2. Ходаишинский И. Идентификация нечетких систем: методы и алгоритмы / И. Ходаишинский // Проблемы управления. – М., 2009. – Вып. 4. – С. 15-23. – ISSN 1819-3161.
3. Dorigo M. 1998. Ant algorithms for distributed discrete optimization / M. Dorigo, G. Di Caro, L.M. Gambardella // Tech. rep. 98-10, IRIDIA, Universite Libre de Bruxelles. Submitted to Artificial Life.

Поступила в редколлегию 13.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. М.А. Алексеев, ГВУЗ «Национальный горный университет», Днепропетровск.

МАРШРУТИЗАЦІЯ ПАКЕТНОГО ТРАФІКУ З ВИКОРИСТАННЯМ СИСТЕМИ НЕЧІТКОГО ВИСНОВКУ ТА МУРАШИНОГО АЛГОРИТМУ НАВЧАННЯ

В.І. Корнієнко, О.Ю. Гусєв, О.В. Морозов

Розроблено модель процесу маршрутизації, яка містить систему нечіткого висновку з мурашиним алгоритмом навчання і забезпечує підвищення якості обслуговування мережі передачі даних за рахунок врахування додаткових факторів при обчисленні параметрів метрики вузла мережі і збільшення швидкості доставки пакетів

Ключові слова: маршрутизація, нечітка логіка, мурашиний алгоритм, навчання системи нечіткого висновку.

PACKET TRAFFIC ROUTING USING FUZZY LOGIC AND ANT COLONY LEARNING ALGORITHM

V.I. Korniyenko, O.Yu. Husiev, O.V. Morozov

For routing process was developed a model that contains fuzzy system with ant colony algorithm, and enhance the quality of service data network by taking additional factors in calculating parameters of the node metric and increase the speed of packet delivery.

Keywords: routing, fuzzy logic, the ant algorithm, fuzzy system training.