

# МАРШРУТИЗАЦИЯ ПАКЕТНОГО ТРАФИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ

Морозов О.В., Гусев А.Ю.

Государственный ВУЗ “Национальный горный университет”, nmu.org.ua, morozov.oleg7@gmail.com

**Рассмотрена работа алгоритмов маршрутизации. Исследована возможность применения аппарата нечеткой логики для разработки эффективного алгоритма маршрутизации.**

**Ключевые слова – маршрутизация; нечеткая логика**

## ВВЕДЕНИЕ

Маршрутизация – это ядро каждой системы сетевого контроля. Вместе с элементами управления потоками данных маршрутизация полностью определяет функционирование всей сети относительно заданного качества и количества предоставляемых услуг. Процесс маршрутизации имеет распределенный характер и построен на использовании таблиц маршрутизации. Каждый узел сети содержит свою таблицу, в которой указаны все доступные направления, по которым может проследовать пакет данных на пути к узлу назначения.

Рост числа компьютерных сетей делает процесс маршрутизации краеугольной задачей всей технологии пакетной передачи данных [3].

Одним из перспективных методов решений задачи маршрутизации является использование аппарата нечеткой логики. Данная технология позволяет с легкостью и простотой арифметики решать сложные задачи управления трафиком, которые характеризуются многофакторностью, нелинейностью и неоднозначностью связи параметров.

## ПОНЯТИЕ МЕТРИКИ МАРШРУТА

Для выполнения своей основной функции, каждый маршрутизатор использует таблицу маршрутизации, в которой отражена топология сети на данный момент времени. В самом общем случае таблица маршрутизации содержит адрес сети назначения, адрес следующего узла на пути к этой сети и метрику (стоимость) маршрута. Создание и последующее обновление таблицы осуществляется с помощью протоколов и соответствующих им алгоритмов маршрутизации.

Наиболее популярны протоколы динамической маршрутизации, в которых таблица маршрутизации заполняется не администратором сети, а непосредственно в процессе работы алгоритма маршрутизации [1].

В алгоритмах маршрутизации используется множество различных показателей. Сложные алгоритмы при выборе маршрута могут основываться на этом множестве показателей, комбинируя их таким образом, что в результате получается один отдельный (интегральный) показатель — метрика.

Метрика — специфическая структура данных, содержащая в себе в виде компонент показатели качества канала.

Ниже перечислены основные показатели, которые используются для расчета метрики:

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

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ВЫЧИСЛЕНИЯ МЕТРИКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НЕЧЕТКИХ МНОЖЕСТВ

Самым простым и распространенным протоколом, основанным на дистанционно-векторном алгоритме (DVA), является протокол RIP (Routing Information Protocol), выбранный в данной работе для иллюстрации методов управления трафиком сети, основанных на нечетких множествах.

Спецификация протокола RIP определяет диапазон значений метрики от 0 до 16. Если значение метрики равно 0, то сеть назначения непосредственно подключена к данному интерфейсу. Значение метрики равное 16 в протоколе RIP соответствует недостижимости сети назначения.

Алгоритм работы модуля вычисления метрики тривиален: метрика численно равна значению дистанции. Вторым фактором, оказывающим большое влияние на выбор маршрута, может служить степень загруженности буферной памяти выходного интерфейса. Этот фактор определяет целесообразность отбрасывания пакета. В некоторых случаях целесообразнее отправить пакет по более длинному маршруту, на котором буферы соответствующих интерфейсов менее загружены. Таким образом, при маршрутизации было бы разумным рассматривать два входных параметра: дистанцию и загруженность буферной памяти соответствующего интерфейса. Степень влияния каждого фактора на формирование метрики, нельзя представить в виде конкретной функции или зависимости, поэтому решение нужно формировать на основе нечеткой логики.

Процесс определения метрики состоит из основных этапов формирования нечеткого отклика: фазификации, композиции и дефазификации [2].

Для более наглядного отображения работы нечеткой системы был построен график, отображающий зависимость метрики от длины маршрута и загруженности буфера (Рис. 1).

Полученный график представляет собой дефазифицированную поверхность нечеткого выбора маршрута. «Излом» поверхности определяет

точку наибольшей неопределенности в выборе маршрута.

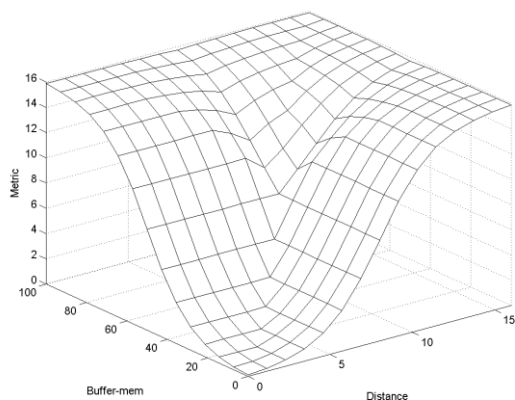


Рис. 1. Поверхность отклика нечеткой системы RIP  
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ

Для оценки эффективности метода маршрутизации с нечеткими множествами проведем анализ поверхностей отклика для эвристической метрики и нечеткой метрики. С этой целью предположим, что на маршрутизатор поступил пакет, который может быть отправлен к месту назначения, двумя путями: через сеть А или сеть В [4].

Рассмотрим два возможных события А и В:

- Событие А – Маршрутизация пакета производится через сеть А;
- Событие В – Маршрутизация пакета производится через сеть В.

Эти события образуют полную группу:

$$P(A) + P(B) = 1$$

а их априорные вероятности пропорциональны размерам адресных пространств сетей А и В соответственно:

$$P(A) = \frac{N_A}{N_B + N_A}; \quad P(B) = \frac{N_B}{N_B + N_A}.$$

где  $N_A$  и  $N_B$  — число узлов (или размер адресного пространства) сетей А и В соответственно.

Выбор маршрута определяется сравнением метрик  $M_A$  и  $M_B$ : если  $M_A < M_B$  выбирается вариант А, иначе В. В любом случае такой выбор может быть связан с ошибкой, когда выбранный маршрут приводит к нежелательным последствиям (задержкам, потерям пакета и т.п.). В общем случае для рассматриваемой схемы вероятность правильного выбора маршрута определяется выражением:

$$P_{ПВ} = P_A(M_A < M_B | A)P(A) + P_B(M_B < M_A | B)P(B)$$

Здесь  $P_A$  и  $P_B$  — условные вероятности, определяющие правильный выбор маршрута.

Аналогично определяется вероятность неправильного выбора маршрута выражением:

$$P_{Ош} = P_A(M_A < M_B | B)P(B) + P_B(M_B < M_A | A)P(A)$$

Аналитическое определение  $P_A$  и  $P_B$  весьма проблематично, однако для наших целей достаточно подчеркнуть, что величины  $P_A$  и  $P_B$  пропорциональны разностям метрик ( $M_A$  и  $M_B$ ). Такие разности характеризуют размах поверхностей для

эвристического и нечеткого отклика, чем выше этот размах, тем надежнее выбор маршрута.

Необходимо сравнить две поверхности, отражающие зависимость метрики от учитываемых параметров. Одна поверхность соответствует метрике, вычисленной традиционным способом, а другая вычислялась по алгоритму с нечеткими множествами. На каждой из поверхностей случайным образом выбирались две точки, а затем вычислялась разница метрик между этими точками. Эксперимент повторялся многократно, и оценивались статистические данные для каждой поверхности.

Результаты статистического анализа выявили, что дисперсия выборки для поверхности нечеткой системы превосходит на 40% дисперсию для поверхности традиционного алгоритма. То есть поверхность, построенная по алгоритму с нечеткими множествами, имеет большую долю значений с большим размахом, чем аналогичная поверхность, построенная по традиционному алгоритму. Таким образом, можно сделать вывод о более высоком качестве работы маршрутизирующего устройства, логика работы которого определяется системой с нечеткими множествами.

## ВЫВОДЫ

В результате проведенного исследования была обоснована возможность использования аппарата нечеткой логики с целью увеличения эффективности работы, маршрутизирующего устройства.

Очевидно, что данное направление исследований требует дальнейшего развития в плане усложнения нечеткой системы: введения дополнительных факторов влияющих на формирование метрики, расширения базы правил и оптимизации формы функций принадлежности. Вид функций принадлежности определяет выходные значения метрики, и этому стоит уделить особое внимание, так как функции принадлежности могут быть построены только на основании экспертных данных.

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Полукаров, Д.Ю. Анализ и классификация протоколов маршрутизации в IP-сетях / Д.Ю. Полукаров // XIII Юбилейная российская научная конференция профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов: ПГАТИ, Самара, 2006. - С. 179.

2. Полукаров, Д.Ю. Анализ эффективности нечеткой маршрутизации с помощью имитационного моделирования / Д. Ю.Полукаров // VII Междунар. научн.-техн. конф. «Проблемы техники и технологии телекоммуникаций»: материалы конференции - ПГАТИ, Самара, 2006. - С. 149-150.

3. Таненбаум, Э. Компьютерные сети. / Э. Таненбаум; пер. с англ. В. Шрага, СПб.: Питер, 2003. - 992 с

4. Таха, Хемди А. Введение в исследование операций / Х.А. Таха; пер. с англ. к. ф.-м. н. А. А. Минько, М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. - 912 с.