



ОБ УПРАВЛЕНИИ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ПОТОКОВ ДАННЫХ В МОБИЛЬНОЙ РАДИОСЕТИ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

К. А. ПОЛЬЩИКОВ

*Белгородский
государственный
национальный
исследовательский
университет*

*e-mail:
polshchikov@bsu.edu.ru*

В статье предложена формализованная постановка научно-технической проблемы, состоящей в разработке теоретически обоснованных методов и моделей управления интенсивностью потоков данных для повышения производительности мобильной радиосети специального назначения. Для решения проблемы обосновано применение математического аппарата нечетких нейронных сетей.

Ключевые слова: мобильная радиосеть специального назначения, интенсивность потоков данных, нечеткие нейронные сети, управление, производительность сети, доставка данных.

Введение

Мобильные радиосети специального назначения (МРСН) характеризуются случайной топологией и проектируются для функционирования в интересах силовых структур [1]. Анализ показал, что с одной стороны, востребованы технологические решения, способствующие повышению производительности МРСН в процессе доставки данных, а с другой стороны, недостает адекватных моделей и теоретически обоснованных методов эффективного управления интенсивностью потоков данных, направленных на достижение указанной цели [2–5]. В этой связи актуальной представляется научно-техническая проблема, которая состоит в разработке теоретически обоснованных методов и моделей управления интенсивностью потоков данных для повышения производительности МРСН. Для решения сформулированной проблемы требуется осуществить обоснованный выбор научного аппарата, на основе применения которого можно повысить эффективность управления интенсивностью потоков данных в МРСН.

Анализ процесса управления интенсивностью потоков данных в МРСН

Анализируемый процесс условно можно разбить на ряд составляющих (элементов):

- 1) управление интенсивностью отправки данных узлами-источниками;
- 2) управление интенсивностью повторных передач;
- 3) управление интенсивностью отправки квитанций узлами-приемниками;
- 4) управление интенсивностью отбрасывания пакетов в транзитных узлах.

Элементы процесса управления интенсивностью потоков данных непосредственно не взаимодействуют друг с другом. Их взаимное влияние проявляется через взаимодействия с другими процессами.

С формированием потоков данных в МРСН непосредственно связаны следующие процессы:

- 1) отправка данных узлами-источниками;
- 2) повторные передачи, вызванные необходимостью восполнения информации, утраченной в процессе доставки по сети вследствие искажения данных из-за канальных помех и потерь пакетов по причине перегрузок элементов МРСН;
- 3) отбрасывание пакетов в транзитных узлах для предупреждения перегрузок;
- 4) отправка квитанций узлами-приемниками для контроля достоверности доставки данных.

В работе [1] представлена функциональная модель процесса управления интенсивностью потоков данных в МРСН. Эта модель учитывает влияние на исследуемый процесс следующих внешних факторов:

- 1) мобильности узлов;
- 2) деструктивных действий противника;
- 3) высокого уровня помех в радиоканалах.



Функционирование МРСН сопровождается потерями пакетов вследствие преждевременных разрывов соединений, вызванных динамичностью топологии МРСН и деструктивными действиями противника. Кроме того, потери пакетов, могут быть вызваны искажениями данных вследствие помех в радиоканалах сети. Динамичность топологии и внешние деструктивные воздействия приводят к случайному изменению сетевого трафика, что также является важной особенностью МРСН.

Влияние перечисленных выше внешних факторов на процесс управления интенсивностью потоками данных в МРСН учитывают следующие величины множества Φ :

φ_1 – величины, характеризующие изменение трафика в МРСН, обусловленное влиянием внешних факторов;

φ_2 – величины, характеризующие потери пакетов, обусловленные влиянием внешних факторов.

В процессе управления интенсивностью потоков данных в МРСН используется множество входных величин Ξ :

ξ_1 – величины, характеризующие длительность ожидания квитанций;

ξ_2 – величины, характеризующие интенсивность поступления пакетов в транзитные узлы;

ξ_3 – величины, характеризующие интенсивность поступления пакетов в узлы-приемники.

Управление интенсивностью потоков данных сводится к получению значений следующих выходных величин Σ :

c_1 – тайм-аута повторной передачи;

c_2 – задержки отправки сегментов узлами-источниками;

c_3 – вероятности отбрасывания пакетов в транзитных узлах;

c_4 – задержки отправки квитанций узлами-приемниками.

Эффективность управления интенсивностью потоков данных в МРСН характеризуется следующий набор величин Ψ (частных показателей):

ψ_1 – величины, характеризующие задержки отправки пакетов, связанные с ожиданием квитанций;

ψ_2 – величины, характеризующие избыточное количество повторных передач;

ψ_3 – величины, характеризующие несоответствие между интенсивностью отправки данных узлами-источниками и доступной пропускной способностью сети;

ψ_4 – величины, характеризующие задержки пакетов в очередях транзитных узлов;

ψ_5 – величины, характеризующие потери пакетов, вызванные перегрузками в транзитных узлах;

ψ_6 – величины, характеризующие избыточное количество передаваемых по сети квитанций;

ψ_7 – величины, характеризующие задержки отправки квитанций в узлах-приемниках.

Локальные цели управления интенсивностью потоков данных в МРСН состоят в уменьшении значений показателей $\{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_7\}$:

$$\psi_k \rightarrow \min, k = 1, 2, \dots, 7,$$

что приводит к уменьшению среднего времени передачи потоков данных, среднего времени доставки информационных сообщений и достижению основной цели – повышению производительности МРСН в процессе доставки данных:

$$t_c \rightarrow \min; T_n \rightarrow \min; H = \frac{V_n}{T_n} \rightarrow \max,$$

где t_c – среднее время передачи потоков данных;

T_n – среднее время доставки сообщения в МРСН;



H – производительность МРСН в процессе доставки данных;

V_n – средний битовый объем сообщения.

Наличие в модели большого числа связей, взаимных зависимостей и замкнутых контуров свидетельствует о сложном характере взаимодействия анализируемых процессов. Например, зависимость показателя ψ_1 от других величин можно представить в виде:

$$\psi_1 = f_1(\varphi_2, c_1, \xi_1, \psi_4, \psi_7, \psi_5), \quad (1)$$

где

$$\psi_5 = f_5(c_3, \xi_2, c_1, c_2, \xi_1, \varphi_2, \psi_4, \psi_7), \quad (2)$$

$$\psi_4 = f_4(\psi_3, c_3, \xi_2, c_2, \xi_1, c_1, \varphi_2), \quad (3)$$

$$\psi_7 = f_7(c_4, \xi_3, c_1, c_2, \xi_1, c_3, \xi_2, \varphi_2), \quad (4)$$

где

$$\psi_3 = f_3(\varphi_1, c_1, c_2, \xi_1, \psi_6, \psi_2), \quad (5)$$

где

$$\psi_2 = f_2(\varphi_2, c_1, \xi_1, \psi_4, \psi_7), \quad (6)$$

$$\psi_6 = f_6(c_4, \xi_3, c_1, c_2, \xi_1, \varphi_2, \psi_4, \psi_7). \quad (7)$$

Значения показателей $\psi_1, \psi_2, \dots, \psi_7$ зависят от многочисленных факторов:

- 1) активности пользователей в отправке по сети сообщений;
- 2) мобильности узлов;
- 3) деструктивных действий противника;
- 4) оперативного добавления в сеть новых узлов;
- 5) искажений данных вследствие помех в каналах сети;
- 6) особенностей отправки данных узлами-источниками;
- 7) особенностей реализации повторных передач;
- 8) особенностей отбрасывания пакетов в транзитных узлах для предупреждения перегрузок;
- 9) особенностей отправки квитанций узлами-приемниками.

С течением времени влияние указанных факторов случайным образом усиливается или ослабляется, стохастическим образом изменяются значения перечисленных выше характеристик. Ввиду наличия в рассматриваемой модели многочисленных сложных и случайных взаимосвязей выявить и формализовать закономерности, точно отражающие зависимости искомых выходных величин c_1, c_2, c_3 и c_4 от имеющихся значений входных величин ξ_1, ξ_2 и ξ_3 , не представляется возможным.

Постановка проблемы

Рассматриваемую научно-техническую проблему можно представить в следующем формализованном виде.

Задано:

K – последовательность каналов, выбранных для передачи потоков данных в процессе доставки сообщений;

Ω_1 – параметры потоков данных (количество пакетов в потоке, битовая длина каждого пакета);

Ω_2 – параметры каналов K (пропускная способность, вероятность искажения символа, максимальный размер канальной очереди);

Ω_3 – параметры конкурирующих потоков (начало, длительность и интенсивность передачи потоков, битовая длина пакетов);

Ω_4 – параметры доставки сообщений (время установления и закрытия соединения, вероятность преждевременного разрыва соединения, среднее время существования соединения);



Φ – параметры, учитывающие специфику МРСН (параметры изменения трафика вследствие перемещения, уничтожения и добавления узлов, параметры потерь пакетов вследствие помех в радиоканалах).

Требуется разработать:

1) математические модели передачи информационных потоков в МРСН, позволяющие на основе заданных величин $\Omega_1, \Omega_2, \Omega_3$ и Φ получить величины Ξ, Ψ и t_c ;

2) метод управления интенсивностью повторных передач в МРСН, позволяющий на основе величин ξ_1 получить такие значения c_1 , при которых достигаются следующие цели:

$$\psi_1 \rightarrow \min; \psi_2 \rightarrow \min; t_c \rightarrow \min;$$

3) метод управления интенсивностью отбрасывания пакетов в транзитных узлах МРСН, позволяющий на основе величин ξ_2 получить такие значения c_3 , при которых достигаются следующие цели:

$$\psi_4 \rightarrow \min; \psi_5 \rightarrow \min; t_c \rightarrow \min;$$

4) метод управления интенсивностью отправки данных узлами-источниками в МРСН, позволяющий на основе величин ξ_1 получить такие значения c_2 , при которых достигаются следующие цели:

$$\psi_3 \rightarrow \min; \psi_5 \rightarrow \min; t_c \rightarrow \min;$$

5) математические модели доставки сообщений в МРСН, позволяющие на основе величин Ω_4 и t_c получить значения T_n, H и оценить эффективность управления интенсивностью потоков данных в МРСН, направленного на достижение целей:

$$T_n \rightarrow \min; H \rightarrow \max.$$

Для решения поставленной проблемы, прежде всего, необходимо обосновать научный аппарат, применение которого позволит эффективно управлять интенсивностью потоков данных в МРСН.

Обоснование научного аппарата для решения проблемы

Для эффективного управления интенсивностью потоков данных необходимо выполнение следующих условий:

1) получение актуальной информации о состоянии элементов (значениях параметров) сети в текущий момент времени и в ближайшем будущем;

2) своевременное принятие адекватных управляющих решений.

3) своевременная реализация принятых решений.

Первое условие связано с необходимостью наличия в управляющем узле достоверной информации о том, в какой ситуации сеть оказалась в текущий момент времени, а также каково будет состояние ее элементов в ближайшем будущем. Казалось бы, получить точные сведения о текущем состоянии сети можно, измерив значения многочисленных параметров на всех ее участках. Однако сбор и доставка этой информации до узлов, в которых осуществляется управление интенсивностью потоков данных, имеют существенные недостатки: во-первых, они делают архитектуру сети более сложной, во-вторых, создают нежелательный служебный трафик и, в-третьих, обязательно происходят с некоторой задержкой, наличие которой способствует частичной (или полной) утрате актуальности этой информации. Поэтому судить о ситуации в сети приходится по значениям ограниченного количества параметров, которые в большей степени характеризуют состояние сети не в настоящее время, а в прошлом.

Сложившуюся в сети ситуацию косвенно характеризуют величины Ξ , используемые для получения входных параметров при управлении интенсивностью потоков данных в МРСН. Следует отметить, что располагая данными о значениях этих величин, весьма проблематично адекватно оценить текущую ситуацию в сети, и тем более сложно достоверно предугадать ее будущее состояние. При этом, например, отсутствуют точные сведения о том, какой промежуток времени пройдет до получения квитанции на только что отправленный пакет, насколько будет длительным всплеск интенсивности трафика, и каких значений достигнут при этом очереди пакетов в транзитных узлах.

Адекватных моделей, способных точно описать состояние МРСН в любой момент времени, к сожалению, не существует, а применение приближенных моделей в процессе управления ресурсами сети не дает приемлемых результатов.



Управление интенсивностью потоков данных в МРСН происходит в условиях наличия неполной, размытой, неточной информации о состоянии элементов этой сети в текущем времени и в будущем. Эффективным средством управления в таких условиях является применение систем нечеткого вывода [6]. Основное преимущество таких систем – это способность использовать условия и методы решения задач, которые описаны на языке, близком к естественному [7]. Центральное место в процедурах нечеткого вывода занимает база правил нечетких продукций.

Известны научно-технические решения, связанные с применением нечеткой логики для управления передачей информации в телекоммуникационных сетях. Для выбора рациональных значений межсегментного интервала на транспортном уровне в работе [8] предложено использовать систему нечеткого управления. Метод наблюдения, хранения и анализа значений времени двойного оборота, который основан на применении нечеткой логики, разработан для определения причин потери пакетов [9].

Однако существуют отдельные классы прикладных задач, в которых построение правил нечетких правил связаны со значительными трудностями концептуального характера. К ним относятся задачи распознавания образов, экстраполяции и интерполяции функциональных зависимостей, классификации и прогнозирования, нелинейного и ситуационного управления, а также интеллектуального анализа данных [7]. Общей особенностью подобных задач является существование некоторой зависимости или отношения, связывающего входные и выходные переменные модели исследуемой системы. При этом выявление и определение данной зависимости в явном аналитическом виде не представляется возможным из-за недостаточного количества информации об исследуемой предметной области или сложности учета многих различных факторов, которые влияют на характер данной взаимосвязи [10].

Известно, что классическим системам с нечеткой логикой, не способным автоматически обучаться, присущ существенный недостаток, состоящий в том, что набор нечетких правил, вид и параметры функций принадлежности, описывающих входные и выходные переменные системы, а также вид алгоритма нечеткого вывода, выбираются субъективно экспертом-человеком, поэтому они могут быть не достаточно адекватными действительности. Для устранения отмеченного недостатка используют аппарат нечетких нейронных сетей как гибридных интеллектуальных систем [7; 10]. Нечеткая нейронная сеть – это многослойная нейронная система, в которой слои выполняют те или иные процедуры нечеткого вывода. Нейроны такой сети характеризуются набором параметров, настройка которых осуществляется в процессе обучения, как в обычных нейронных сетях. Такие системы объединяют в себе преимущества нейронных сетей и систем нечеткого вывода [10]. С одной стороны, они позволяют разрабатывать и представлять модели систем в форме правил нечетких продукций, обладающих наглядностью и простотой содержательной интерпретации. С другой стороны, для настройки правил нечетких продукций используются возможности нейронных сетей. Известно достаточное количество примеров успешного использования подобных гибридных интеллектуальных систем для решения различных прикладных задач [10–17]. В связи с этим обоснованным представляется применение нейро-нечетких систем для управления интенсивностью потоков данных в МРСН.

Заключение

Разработка теоретически обоснованных методов и моделей, необходимых для эффективного управления интенсивностью потоков данных и повышения производительности МРСН, является актуальной научно-технической проблемой. Влияние многочисленных случайных факторов существенно усложняет получение аналитических зависимостей, требуемых для решения указанной проблемы. Поэтому в условиях функционирования МРСН управление интенсивностью потоков данных целесообразно осуществлять на основе применения научного аппарата нечетких нейронных сетей.

Список литературы

1. Польщикова К. А. Функциональная модель управления интенсивностью потоков данных в мобильной радиосети специального назначения / К. А. Польщикова // Научный вестник ДГМА. – 2012. – №1 (9Е). – С. 127–135.
2. Романюк В. А. Мобильные радиосети – перспективы беспроводных технологий / В. А. Романюк // Сети и телекоммуникации. – К., 2001. – № 12. – С. 62–68.



3. Осипов Е. А. Проблема реализации надежной передачи данных в самоорганизующихся и сенсорных сетях / Е. А. Осипов // Электросвязь. – 2006. – № 6. – С. 29–33.
4. Бунин С. Г., Войтер А. П., Ильченко М. Е., Романюк В. А. Самоорганизующиеся сети со сверхширокополосными сигналами / С. Г. Бунин, А. П. Войтер, М. Е. Ильченко, В. А. Романюк. – К.: Наукова думка, 2012. – 444 с.
5. Польщиков К. А. Математическая модель передачи мультимедийного сообщения в телекоммуникационной сети с коммутацией пакетов / К. А. Польщиков, Ю. Н. Здоренко, О. Я. Сова // Научные ведомости БелГУ. – 2014. – № 15 (186). – Вып. 31(1). – С. 176 – 184.
6. Люггер Дж. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж. Люггер. – М.: Вильямс, 2003. – 864 с.
7. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH / А. В. Леоненков. – СПб: БХВ-Петербург, 2003. – 736 с.
8. Рвачева Н.В. Метод выбора межсегментного интервала в транспортном протоколе телекоммуникационной сети / Н. В. Рвачева, К. А. Польщиков, С. В. Волошко // Проблемы телекоммуникаций. – Харьков, 2011. – Вып. 2(4). – С. 72 – 82.
9. Oliveira R. A delay-based approach using fuzzy logic to improve TCP error detection in an ad-hoc networks / R. Oliveira, T. Brau // Proc. IEEE Wireless Communication and Network Conference (WCNC'04). – Mar. 2004.
10. Усков А. А. Интеллектуальные технологии управления. Искусственные нейронные сети и нечеткая логика / А. А. Усков, А. В. Кузьмин – М.: Горячая линия – Телеком, 2004. – 143 с.
11. Гаврилов А. В. Гибридные интеллектуальные системы / А. В. Гаврилов – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2002. – 142 с.
12. Польщиков К. А. Модель нейро-нечеткого прогнозирования средней интенсивности поступления запросов на передачу потоков реального времени по каналу телекоммуникационной сети / К. А. Польщиков, Е. Н. Кубракова, В. А. Краснобаев // Системы обработки информации. – 2014. – Вып. 2 (118). – С. 193–197.
13. Tarasov O. F. Neuro Fuzzy Predicting Mathematic Model of Computer Network Load / O. F. Tarasov, K. O. Polshchikov, N. V. Yeryomin // International Conference «Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science (TCSET'2014)», 2014. – PP. 406–408.
14. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
15. Польщиков К. А. Метод нейро-нечеткого управления интенсивностью повторных передач в телекоммуникационной сети / К. А. Польщиков // Информационные технологии и телекоммуникации. – СПб, 2013. – Вып. 2. – С. 32–41.
16. Polshchikov K. Synthesis of neuro-fuzzy systems for active management of packet queues in telecommunication networks / K. Polshchikov, Y. Korotenko // Elixir International Journal. Network Engineering. – 2013. – Vol. 62. – P. 17501–17506.
17. Polshchikov K. O. Method of telecommunications channel throughput distribution based on linear programming and neuro fuzzy predicting / K. O. Polshchikov, Y. M. Zdorenko, M. O. Masesov // Elixir International Journal. Network Engineering. – 2014. – Vol. 75. – P. 27327–27334.

ABOUT CONTROL OF DATA FLOWS INTENSITY IN THE MOBILE RADIO NETWORK FOR SPECIAL PURPOSE

K. A. POLSHCHIKOV

*Belgorod State National
Research University*

*e-mail:
polshchikov@bsu.edu.ru*

The paper propose a formalized statement of the scientific and technical problem was to develop a theoretically based methods and models for control of data flows intensity to improve the performance of the mobile radio network for special purposes. To solve the problem use of the mathematical apparatus of fuzzy neural networks is justified.

Keywords: mobile radio network for special purposes, data flow intensity, fuzzy neural network, control, network performance, data delivery.