

**Министерство образования и науки Украины  
Национальная академия наук Украины  
Люблинский отдел Польской Академии Наук  
Представительство „Польская академия наук” в Киеве  
Харьковский национальный университет радиоэлектроники  
Одесский национальный политехнический университет  
Академия Наук Прикладной Радиоэлектроники  
Украины, России и Беларуси  
Украинская нефтегазовая академия  
Украинская Федерация Информатики  
Харьковский национальный университет городского  
хозяйства им. А.Н. Бекетова  
Белорусский государственный университет информатики и  
радиоэлектроники  
Белорусский государственный экономический университет**

## **МАТЕРИАЛЫ**

**5-й Международной научно-технической конференции**

### **«Информационные системы и технологии»**

**ИСТ 2016  
12-17 сентября 2016  
Коблево, Украина**



**Харьков 2016**



ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ИСПОЛЬЗУЮЩИХ  
ПРОТОКОЛ TCP

*Карпущин А.В., Тевяшев А.Д., Ткаченко В.Ф.*

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

Известно [1,2], что в детерминированных динамических системах при определенных условиях могут развиваться синергетические процессы или хаотическое поведение.

Перегрузка сети приводит к образованию так называемых заторов (congestions) в некоторых участках сети. Основными параметрами со стороны сети, определяющими поведение ансамбля TCP-соединений в узком месте, являются пропускная способность канала, задержка в канале и размер буфера маршрутизатора [3,4,5].

Целью проведенных исследований было найти оптимальные значения параметров инфокоммуникационной системы, при которых область ее работоспособности максимальна.

С помощью симулятора NS-3 создавалась модель элементарной сети TCP/IP, где все хосты связаны с маршрутизатором соединением типа точка-точка. На хостах-отправителях моделировалась работа приложений, посылающих данные с постоянным битрейтом (bitrate) на хост-получатель, где работало приложение, принимающее данные от обоих хостов.

Необходимо максимизировать область параметров инфокоммуникационной системы, в которой максимальный показатель Ляпунова имеет отрицательное значение, т.е. система находится в нормальном (нехаотическом) состоянии

Задачу оптимизации можно сформулировать как задачу управления следующим образом:

$$\text{найти } \hat{x} \in X^f \subseteq X, \text{ что для всех } \lambda \in \Lambda \\ g(\hat{x}, \lambda) \leq T(\lambda),$$

где  $X^f$  – множество допустимых решений;  $X$  – множество всех решений (входов);  $\Lambda$  – множество неопределенностей;  $g(x, \lambda) = G(x, \lambda, P(x, \lambda))$ ;  $G$  – оценочная функция (функция качества)  $G: X * \Lambda * Y \rightarrow V$ ;  $V$  – множество платежей;  $P$  – выходная функция (модель управляемого процесса)  $P: X * \Lambda \rightarrow Y$ ;  $Y$  – множество выходов;  $T$  – функция допустимости  $T: \Lambda \rightarrow V$ .

Элементами множества  $X$  являются внутренние параметры инфокоммуникационной системы, множества выходов  $Y$  – выходные параметры инфокоммуникационной системы. Из всего множества неопределенностей  $\Lambda$  ограничимся рассмотрением множества допусков  $\Delta$ , т.е. положим  $\Lambda \equiv \Delta$ . Сформулируем задачу оптимизации инфокоммуникационной системы как задачу поиска минимума функции  $\Phi(x^0, \delta)$  на множестве  $X^f * \Delta$ . Считая структуру инфокоммуникационной системы неизменной, имеем:

$$\text{найти } \hat{Z} = (\hat{x}^0, \hat{\delta}) = (\hat{x}_1^0, \hat{x}_2^0, \dots, \hat{x}_l^0, \hat{\delta}_1, \hat{\delta}_2, \dots, \hat{\delta}_l);$$



$$\Phi(\hat{Z}) = \min \Phi(Z), \quad Z \in D \subseteq R_\alpha, \quad \text{где} \quad R_\alpha = \left\{ \begin{array}{l} b_i(Z) \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, k \\ d_n(Z) = 0, \quad n = 1, 2, \dots, s \end{array} \right\},$$
$$D: R_\delta \subseteq R_\alpha;$$

$X$  – вектор параметров инфокоммуникационной системы;  $X^0$  – вектор номинальных значений параметров инфокоммуникационной системы;  $\delta \in \Delta$  – вектор допусков на параметры инфокоммуникационной системы;  $\Phi$  – целевая функция  $\Phi: X * \Delta \rightarrow V$ ;  $D$  – область допустимых решений;  $R_\alpha$  – область работоспособности инфокоммуникационной системы;  $b_i(Z)$  – функции-ограничения в виде неравенств;  $d_n(Z)$  – функции-ограничения в виде равенств;  $R_\delta$  – специальным образом формируемая область допуска.

Компонентами вектора  $X$  являются значения параметров инфокоммуникационной системы. Область работоспособности  $R_\alpha$  определяется функциями-ограничениями в виде неравенств и равенств. Способы формирования области допуска  $R_\delta$  определяются целями проектирования и особенностями функций-ограничений. В конкретных случаях  $R_\delta$  представляет собой либо гиперпараллелепипед с центром в точке  $X^0$ , размеры которого определяются компонентами вектора  $\delta$ , либо множество его вершин.

Приведенная постановка охватывает семейство задач, каждая из которых отвечает некоторой цели проектирования и отличаются видом функций  $\Phi(Z)$ ,  $b_i(Z)$ ,  $d_n(Z)$ . Данные задачи оптимизационного синтеза инфокоммуникационной системы являются задачами управления, где принимаемые решения влияют на процесс, выход которого влияет на целевую функцию или платеж. Несмотря на достаточно высокую степень абстракции при формулировке этих задач, переход к конкретным практическим задачам не вызывает затруднений.

1. Postel J. Transmission Control Protocol. // RFC793 (STD7). 1981.

2. A. Veres, V. Boda. The chaotic nature of TCP congestion control. In Proc. IEEE INFOCOM, 2000.

3. А.В. Карпухин, И.Н. Кудрявцев, А.В. Борисов, Д.И. Грицив. Использование симулятора NS-3 для изучения хаотического поведения высокоскоростных сетей связи. Proc. of International Conference “Parallel and Distributed Computing Systems” PDCS 2013, C.152–156, Ukraine, Kharkiv, March 13–14, 2013.

4. Haengmuk Cho, Alexander V. Karpukhin, Igor N. Kudryavtsev, Alexander V. Borisov, Dmitriy I. Gritsiv. Computer Simulation of Chaotic Phenomena in High-Speed Communication Networks. Journal of Korean Institute of Information Technology, Vol.11 No.3 2013, P. 113-122.

5. A. Karpukhin, D. Gritsiv, A. Tkachenko. Mathematical simulation of infocommunication networks applying chaos theory. Econtechmod -2014.