

<sup>1</sup>Печурин Н.К., д.т.н.,  
<sup>2</sup>Кондратова Л.П., к.т.н.,  
<sup>2</sup>Печурин С.Н., к.т.н.,  
<sup>1</sup>Яценко Н.Н.

## МАТЕМАТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МЕЖУРОВНЕВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ В ЭТАЛОННОЙ МОДЕЛИ

<sup>1</sup>Национальный авиационный университет

<sup>2</sup> Учебно-научный комплекс «Институт прикладного системного анализа»

Национального технического университета Украины «КПИ»

Оцінено на основі теорії функціонального аналізу ефективність вживання процедур інкапсуляції/деінкапсуляції для міжрівневої взаємодії в еталонній моделі взаємозв'язку відкритих систем (ЕМ ВОС). Величина відносного приросту часу міжрівневої взаємодії, що визначає норму векторного простору, досягає у разі використання максимальної довжини поля даних фрейма своєї верхньої границі, яка описується залежністю числа рівнів ЕМ ВОС.

### Введение

Многоуровневая организация базовой эталонной модели взаимодействия открытых систем (ЭМ ВОС) предусматривает группирование в рамках одного уровня логически тесно связанных функций, что обеспечивает минимизацию межуровневых взаимодействий и взаимную независимость реализаций уровней при сохранении неизменности межуровневых интерфейсов. На каждом уровне перед передачей данных на более низкий уровень в заголовок помещается дополнительная информация, формируя ряд вложенных заголовков, как показано на рис. 1 [1].

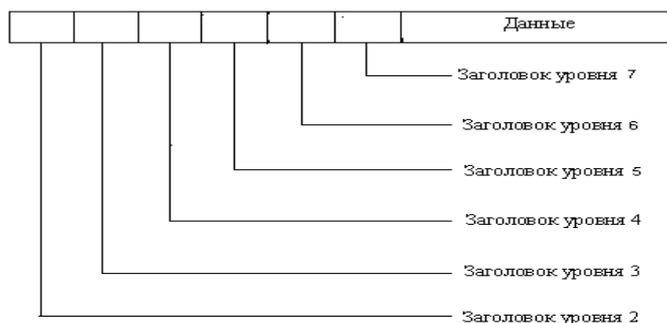


Рис. 1. Вложенные заголовки протокола, присутствующие во фрейме.

Прямое преобразование форматов представления информации между прикладным и физическим уровнями при передаче от передающей станции к принимающей станции выполняется с применением метода инкапсуляции, обратное преобразование форматов – с применением метода деинкапсуляции.

Для классификации функций ЭМ ВОС с установлением связей между ними и точной ориентировкой в их многообразии используют-

ся инструментарий прямонаправленных сетей типа *MLP* и *RBF* [3] и инструментарий формальных грамматик [4]. Использование для классификации первого инструментария выявило отличное от существующего в классической модели ВОС распределение состава функций между иерархическими уровнями, обуславливающее разработку усовершенствованных рекомендаций с появлением новых технологий. Второй инструментарий применяется для описания преобразований протокольных модулей данных в процессе перехода от уровня к уровню ЭМ ВОС представлением функций инкапсуляции/ деинкапсуляции предложениями некоторого формального языка с грамматикой с возможным дальнейшим перераспределением функций ЭМ ВОС.

Целью данной статьи является оценка эффективности межуровневого взаимодействия, использующего инкапсуляцию/деинкапсуляцию. Приведем формализацию задачи максимизации эффективности межуровневого взаимодействия при передаче в беспроводной компьютерной сети.

### Постановка задачи

Пусть известно множество  $X_0 = \bigcup_{i=1}^N X_i$

( $N$  – число уровней ЭМ ВОС) параметров функций преобразования данных, распределённых по уровням ЭМ ВОС. Имеем нормативную модель вида:

$$[\text{эффективность}] X_0 \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$F_a^- \leq F_a \leq F_a^+, \quad (2)$$

$$[\text{радиочастотный символ}] = [\text{отображение 1-го уровня } X_1][(\text{отображение 2-го уровня } X_2) \\ (\text{отображение 3-го уровня } X_3)(\dots(\text{отображение } N\text{-го уровня } X_N)([\text{символ } SDU]) \dots)], \quad (3)$$

$$[\text{точность отображений в инструментарии } NMS](X_0) \geq \\ \geq [\text{допустимая точность отображений в инструментарии } NMS]. \quad (4)$$

Здесь  $X_i \forall i=1, \overline{N}$  – составляющие вектора  $X_0$ ;  $F_d$  – ширина полосы пропускания;  $NMS$  – система управления сетью. Ограничение (2) характеризует общепринятый диапазон разрешённых для использования частот. В беспроводной компьютерной сети с технологиями  $FHSS$  и  $DSSS$   $F_d \in [2,4;2,483]$  ГГц, в технологии  $HR-DSSS$  поддерживаются скорости передачи в диапазонах  $F_d \in [5,15;5,25]$  ГГц,  $F_d \in [5,25;5,35]$  ГГц,  $F_d \in [5,725;5,825]$  ГГц [2]. Ограничение (3) представляет рекуррентное соотношение, которое описывает организацию ЭМ ВОС. Ограничение (4) описывает условия реализации функций  $NMS$ , в частности, функций выявления и устранения нарушений технико-эксплуатационных показателей службы транспортирования данных. За-

дача заключается в определении значений вектора  $X_0$  для обеспечения целевой функции (1).

### Оценка эффективности межуровневого взаимодействия

Величину задержки межуровневого взаимодействия в ЭМ ВОС, характеризующей производительность компьютерной сети, будем описывать функцией переменных величин множества  $P = \langle l_h, l_d, l_e, N \rangle$ , которые представляют длины полей заголовка  $l_h$ , данных  $l_d$  и трейлера (окончания блока данных и заголовка)  $l_e$  и число уровней  $N$  ЭМ ВОС. Оценим изменение времени межуровневого взаимодействия при передаче от передающей станции к принимающей станции с применением метода инкапсуляции данных и заголовка. Время межуровневого взаимодействия без учета инкапсуляции оценивается функцией отображения вида:

$$T_{conv}^0 : P \rightarrow \langle T_{conv}^h(l_h), T_{conv}^d(l_d), T_{conv}^e(l_e) \rangle, \quad (5) \\ T_{conv}^0(l_h, l_d, l_e, N) = (N-1) \cdot [T_{conv}^h(l_h) + T_{conv}^d(l_d)] + T_{conv}^e(l_e),$$

где  $T_{conv}^h(l_h)$ ,  $T_{conv}^d(l_d)$ ,  $T_{conv}^e(l_e)$  – величины, характеризующие соответственно время преобразования заголовка, данных и трейлера в

зависимости от их длин  $l_h$ ,  $l_d$ ,  $l_e$ . С учетом инкапсуляции данных и заголовка время межуровневого взаимодействия оценивается функцией отображения вида:

$$T_{conv}^1 : P \rightarrow \langle T_{conv}^h(l_h), T_{conv}^d(l_d), T_{conv}^e(l_e) \rangle, \quad (6) \\ T_{conv}^1(l_h, l_d, l_e, N) = (N-1) \cdot T_{conv}^h(l_h) + T_{conv}^d(l_d) + T_{conv}^e(l_e),$$

Относительное приращение функций (5) и (6)

определяется нормой векторного пространства вида:

$$\delta(l_h, l_d, l_e, N) = \frac{\Delta T_{conv}(l_h, l_d, l_e, N)}{T_{conv}^0(l_h, l_d, l_e, N)} = \left[ \frac{1}{1 + \frac{T_{conv}^d(l_d)}{T_{conv}^h(l_h)} + \frac{1}{N-1} \cdot \frac{T_{conv}^e(l_e)}{T_{conv}^h(l_h)}} + \frac{1}{(N-1) \cdot \left( \frac{T_{conv}^h(l_h)}{T_{conv}^d(l_d)} + 1 \right) + \frac{T_{conv}^e(l_e)}{T_{conv}^d(l_d)}} + \frac{1}{(N-1) \cdot \left( \frac{T_{conv}^h(l_h)}{T_{conv}^e(l_e)} + \frac{T_{conv}^d(l_d)}{T_{conv}^e(l_e)} \right) + 1} \right]. \quad (7)$$

Величины  $T_{conv}^h(l_h)$ ,  $T_{conv}^d(l_d)$ ,  $T_{conv}^e(l_e)$  являются функциями соответственно длин полей заголовка

$l_h$ , данных  $l_d$  и трейлера  $l_e$ . Для систем с технологиями  $FHSS$ ,  $DSSS$ ,  $HR-DSSS$  параметры

$l_h, l_e$  принимают значения 24 октета и 4 октета соответственно. Величины  $T_{conv}^h(l_h), T_{conv}^e(l_e)$  можно считать соизмеримыми:  $T_{conv}^h(l_h) \cong T_{conv}^e(l_e)$ . Значение в октетах параметра  $l_d$  длины поля данных принимается в интервале [46, 1500];  $T_{conv}^h(l) \ll T_{conv}^d(l), T_{conv}^e(l) \ll T_{conv}^d(l)$ . Существует производная  $\frac{\partial \delta(l_h, l_d, l_e, N)}{\partial l_d} = 0$  функции (7) в точке

$l_d = \sup(l_d)$  [5]. Функция  $\delta(l_h, l_d, l_e, N)$  сходится к верхней границе  $\delta_u(N) = 1 - \frac{1}{N-1}$  в точке  $l_d = \sup(l_d)$ , которая описывается зависимостью числа уровней ЭМ ВОС. Наименьшее время межуровневого преобразования форматов представления данных соответствует минимальному значению функции  $\delta_u(N) = 0$ , которое достигается в модели с числом уровней  $N=2$ . Графически функция  $\delta_u(N)$  представляется в виде рис. 2.

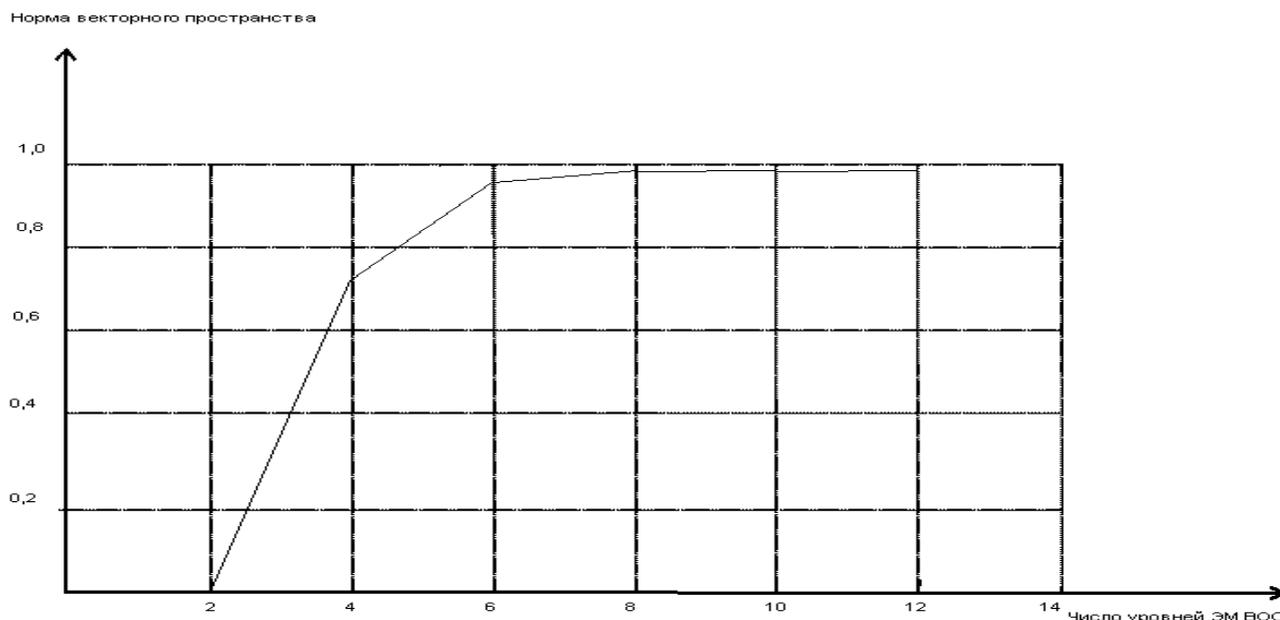


Рис. 2. Графическое представление функции  $\delta_u(N)$ .

## Выводы

Изменение (уменьшение) числа инкапсуляций при перемещении информации от верхних уровней к нижнему передающей станции и деинкапсуляций на принимающей станции может сократить расход ресурса (времени) межуровневого взаимодействия в ЭМ ВОС. Полученная на основе теории функционального анализа верхняя граница относительного приращения времени межуровневого взаимодействия охарактеризована нормой сформированного векторного пространства.

## Список литературы

1. Дуглас Э.Камер. Компьютерные сети и Internet. Разработка приложений для Internet. – М.: Издательский дом «Вильямс». – 2002. – 640 с.
2. Рошан П. Основы построения беспроводных локальных сетей стандарта 802.11 /

Рошан П., Лиэри Дж. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 304 с.

3. Печурин Н.К. Анализ кластеризации эталонной модели взаимодействия открытых систем инструментарием сетей MLP и RBF / Печурин Н.К., Кондратова Л.П., Печурин С.Н. // Проблемы інформатизації та управління: зб. наук. праць. – 2010. – Вип. 4 (32). – С. 69-77.

4. Печурин Н.К. Применение инструментария формальных грамматик для переклассификации функций эталонной модели взаимодействия открытых систем в беспроводной компьютерной сети / Печурин Н.К., Кондратова Л.П., Печурин С.Н. // Проблемы інформатизації та управління: зб. наук. праць. – 2012. – Вип. 2 (38). – С. 19-26.

5. Богачев В.И. Действительный и функциональный анализ: университетский курс «Регулярная и хаотическая динамика» / Богачев В.И., Смолянов О.Г.-Институт компьютерных исследований. – 2009. – 724 с.