

УДК 621.34

А.К. Дидык, А.Н. Сербул

Кировоградский Национальный технический университет, Кировоград

## РАЗРАБОТКА СПОСОБА ОПТИМИЗАЦИИ ДЛИНЫ ИНФОРМАЦИОННОГО ПАКЕТА ПО КРИТЕРИЮ МИНИМУМА ВРЕМЕНИ ДОСТАВКИ

*Проведен анализ структуры информационных пакетов. Определены математические выражения для расчета среднего времени доставки полных информационных пакетов, а так же информационных пакетов разбитых на части. Проведены исследования зависимости отношения среднего времени доставки исходного пакета к среднему времени доставки фрагментированного пакета от числа фрагментов при произвольном законе распределения ошибок в линии связи. Выбран критерий оптимальной фрагментации пакетов для достижения максимально возможного уменьшения среднего времени доставки данных. Разработан алгоритм поиска оптимального числа фрагментов информационного пакета.*

**Ключевые слова:** телекоммуникационная сеть, сетевой трафик, длина информационного пакета, фрагментация, среднее время доставки информационных пакетов.

### Введение

**Постановка проблемы.** В современных телекоммуникационных сетях (ТКС) фрагментация в большинстве случаев является вынужденной мерой и осуществляется при необходимости передачи информационных пакетов большого размера в сеть (через сеть) с меньшим максимальным размером информационных пакетов.

При фрагментации исходный информационный пакет обычно разбивают на фрагменты максимально допустимой для данной сети (протокола) длины. Например, для технологии канального уровня АТМ максимально допустимая длина пакетов равна 48 байтам, для IP – 65535 байт [4, 5, 7]. Последний фрагмент может иметь длину меньшую чем максимальная длина фрагмента, при этом в его поле данных длиной от 1 до MTU (Maximum Transfer Unit – максимальная длина информационного поля) помещается остаток поля данных исходного пакета.

Из практики эксплуатации ТКС известно, что передача пакетов максимальной длины не во всех случаях обеспечивает наилучшие вероятностно-временные характеристики (ВВХ). При увеличении длины информационного пакета и ограничениях показателей достоверности связи повышается вероятность передачи информационного пакета с ошибкой и, как следствие, увеличивается частота повторной передачи пакета, что снижает эффективность работы ТКС, а также вызывает увеличение потерь памяти коммутационных устройств [6].

В общем случае число пакетов, соответствующее минимальному среднему времени доставки отличается от числа пакетов, соответствующего максимальной вероятности правильной доставки информационных пакетов.

В большинстве случаев при фрагментации улучшение по одному из показателей может привес-

ти к ухудшению по другому показателю [2, 6]. Поэтому в большинстве случаев выбирают один из показателей характеризующих качество системы и решают оптимизационную задачу с учетом критерияльной части этого показателя.

**Анализ литературы** [1 – 7] и основных характеристик ТКС показал, что основным показателем качества связи при передаче информации является своевременность передачи данных. Следовательно, основной целью разбиения информационных пакетов на фрагменты при передаче информации является уменьшение среднего времени задержки пакетов в ТКС.

### Основной раздел

Для процедуры обмена информацией с квитированием в рамках одного звена передачи без учета дополнительных потоков информации в узлах связи, при вероятности правильной доставки квитанции равной вероятности правильной доставки пакета ( $P_{кв} = P_{пр}$ ) среднее время передачи определяется формулой [1, 6]:

$$T_{прд.ср} = \left[ \frac{1}{(P_{пр} + P_{но}) \cdot P_{пр}} \cdot (1 + \eta) - \eta \right] \cdot T_{п}, \quad (1)$$

где  $P_{но}$  – вероятность необнаружения ошибок в пакете;  $T_{п}$  – время передачи пакета (без учета времени распространения сигнала), выраженное через его длину и скорость модуляции ( $V$ ):  $T_{п} = l_p / V$ ;  $l_p$  – длина исходного пакета содержащего  $M$  – информационных,  $B$  – служебных и  $R$  – проверочных разрядов:  $l_p = M + B + R$ ,  $M \geq 1$ ,  $B \geq 1$ ,  $R \geq 0$ ;  $\eta$  – коэффициент пропорциональности длительности тайм-аута  $T_{та} = \eta \cdot T_{п}$ ,  $\eta \geq 1$ .

При произвольном законе распределения ошибок в линии связи вероятности правильной доставки

пакета и необнаружения ошибок в пакете в общем случае определяются как [1, 2]:

$$P_{np} = (1 - P_o)^{l_p};$$

$$P_{но} = \left[ 1 - (1 - P_o)^{l_p} \right] \cdot 2^{-R}. \quad (2)$$

Если при фрагментации число служебных и проверочных разрядов в каждом из фрагментов соответствует их числу в исходном пакете, а информационная часть пакета разбивается на  $D$  равных частей ( $D \geq 1$ ), получаем:

$$T'_{прд.ср} = \sum_{i=1}^D \left[ \frac{1}{(P'_{np} + P'_{но}) \cdot P'_{np}} (1 + \eta) - \eta \right] \cdot T'_n, \quad (3)$$

где  $l_p^{(i)} = \frac{M}{D} + B + R$ ;  $T'_n = \frac{l_p^{(i)}}{V}$ ;  $P'_{np} = (1 - P_o)^{l_p^{(i)}}$ ;

$$P'_{но} = \left[ 1 - (1 - P_o)^{l_p^{(i)}} \right] \cdot 2^{-R}. \quad (4)$$

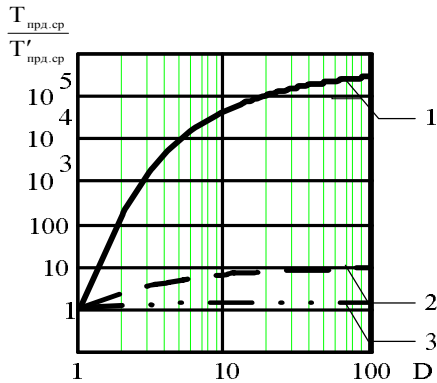
Тогда при произвольном законе распределения ошибок в линии связи отношение среднего времени передачи исходного информационного пакета к среднему времени передачи фрагментированного пакета исходя из выражений (1) – (4) будет иметь следующий вид:

$$\frac{T_{прд.ср}}{T'_{прд.ср}} = \left[ \frac{1}{\left( (1 - P_o)^{l_p} + \frac{1 - (1 - P_o)^{l_p}}{2^R} \right) \cdot (1 - P_o)^{l_p}} \cdot (1 + \eta) - \eta \right] \times$$

$$\times \frac{l_p}{D \cdot l_p^{(i)} \cdot \sum_{i=1}^D \left[ \frac{(1 + \eta)}{\left( (1 - P_o)^{l_p^{(i)}} + \frac{1 - (1 - P_o)^{l_p^{(i)}}}{2^R} \right) \cdot (1 - P_o)^{l_p^{(i)}}} - \eta \right]}$$

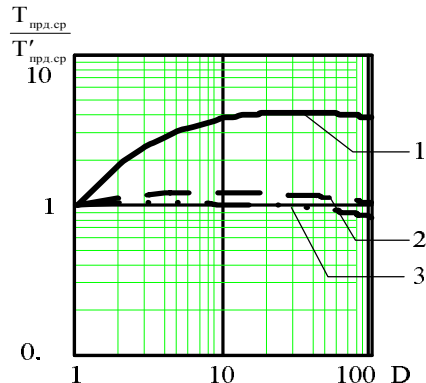
Исследуем зависимость полученного соотношения от числа фрагментов для различных значений (65535, 4096 бит) длины исходного пакета (рис. 1, а, б соответственно).

Из приведенных на рис. 1 зависимостей видно, что отношение  $T_{д.ср}/T'_{д.ср}$  при различных значениях параметров  $P_o$  и  $l_p$  имеет максимум (более четкий для графиков 1 – 2 рис 1, б, которому соответствует единственное значение числа фрагментов  $D$ , являющееся оптимальным).



- 1)  $l_p=65535, P_o=10^{-4}, R=8, \eta=2$
- 2)  $l_p=65535, P_o=10^{-5}, R=8, \eta=2$
- 3)  $l_p=65535, P_o=10^{-6}, R=8, \eta=2$

а



- 1)  $l_p=4096, P_o=10^{-4}, R=8, \eta=2$
- 2)  $l_p=4096, P_o=10^{-5}, R=8, \eta=2$
- 3)  $l_p=4096, P_o=10^{-6}, R=8, \eta=2$

б

Рис. 1. Зависимость отношения среднего времени доставки исходного пакета к среднему времени доставки фрагментированного пакета от числа фрагментов при произвольном законе распределения ошибок в линии связи

Если фрагментация в заданных условиях не позволяет добиться уменьшения среднего времени доставки информационных пакетов, число фрагментов  $D$  будет равно 1 ( $D=1$ ), что соответствует отсутствию фрагментации.

Таким образом, критерий оптимальной фрагментации пакетов для достижения максимально возможного уменьшения среднего времени доставки данных без учета изменения вероятности ошибки может быть записан в виде:

$$K = \max \left\{ \frac{T_{д.ср}}{T'_{д.ср}} \right\},$$

$$(D \geq 1).$$

Поиск оптимального числа фрагментов  $D_{опт}$  для заданных условий (т.е. при известных  $P_o, l_p, R$  и  $\eta$ ) может быть реализован выполнением последовательности действий представленных на блок-схеме (рис. 2).

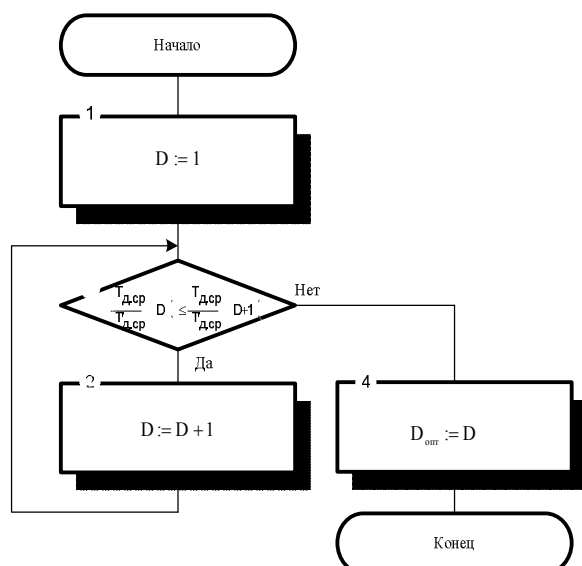


Рис. 2. Блок – схема алгоритма поиска оптимального числа фрагментов  $D_{\text{опт}}$

Для большинства процедур обмена данными параметры  $B$  и  $R$  фиксированы: жестко заданы протоколом или определены в фазе установления соединения. Параметры  $P_0$ ,  $M$  и  $\eta$  могут изменяться в процессе обмена информацией. При этом  $P_0$  и  $\eta$  зависят от характеристик используемой линии связи, а  $M$  – от интенсивности информационных потоков пользователя и/или приложений узла-отправителя.

## Выводы

Таким образом, предложенный способ определения оптимальной длины пакета позволяет минимизировать среднее время доставки информационного пакета в линии связи при заданной вероятности

ошибки, при этом критерием оптимальной фрагментации пакетов является максимум отношения среднего времени доставки исходного пакета к среднему времени доставки фрагментированного пакета.

## Список литературы

1. Алексеев С.В. Фрагментация кадров в дейтаграммной бит-ориентированной процедуре передачи данных / С.В. Алексеев, А.В. Лемешко // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии. – Х.: ХАИ, 2005. – № 26. – С. 27-32.
2. Визначення оптимальних потоків у мережі передачі даних за допомогою процедури альтернативної маршрутизації / О.Д. Анохіна, С.Ю. Гайдаров, О.О. Можасєв, С.Г. Семенов // Системи обробки інформації. – Х.: ХВУ, 2004. – № 10(38). – С. 3-8.
3. Вишневський В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей / В.М. Вишневський. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
4. Дымарский Я.С. Управление сетями связи: Принципы, протоколы, прикладные задачи / Я.С. Дымарский, Н.П. Крутякова, Г.Г. Яновский – М.: ИТЦ «Мобильные коммуникации», 2003. – 384 с.
5. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебн. для ВУЗов 2-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер – СПб.: Питер, 2005. – 864 с.
6. Семенов С.Г. Оптимизация структуры распределенных вычислительных сетей при ограничениях на показатели своевременности доставки сообщений и живучести сети / С.Г. Семенов // Системи обробки інформації. – Х.: ХУПС, 2006. – Вип. 1(50). – С. 152-154.
7. Семенов С.Г. Распределение канальных ресурсов сетевого оборудования при информационном обмене в единой автоматизированной системе управления / С.Г. Семенов // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – Х.: ХАИ, 2008. – Вип. 6(33). – С. 307-310.

Поступила в редколлегию 12.07.2010

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

## РОЗРОБКА СПОСОБУ ОПТИМІЗАЦІЇ ДОВЖИНИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПАКЕТУ ЗА КРИТЕРІЕМ МІНІМУМУ ЧАСУ ДОСТАВКИ

О.К. Дідик, О.М. Сербул

Проведений аналіз структури інформаційних пакетів. Визначені математичні вирази для розрахунку середнього часу доставки повних інформаційних пакетів, а так само інформаційних пакетів розбитих на частини. Проведені дослідження залежності відношення середнього часу доставки початкового пакету до середнього часу доставки фрагментованого пакету від числа фрагментів при довільному законі розподілу помилок в лінії зв'язку. Вибраний критерій оптимальної фрагментації пакетів для досягнення максимально можливого зменшення середнього часу доставки даних. Розроблений алгоритм пошуку оптимального числа фрагментів інформаційного пакету.

**Ключові слова:** телекомунікаційна мережа, мережевий трафік, довжина інформаційного пакету, фрагментація, середній час доставки інформаційних пакетів.

## DEVELOPMENT OF METHOD OF OPTIMIZATION OF LENGTH OF INFORMATIVE PACKAGE ON CRITERION OF A MINIMUM OF TIME OF DELIVERY

A.K. Didyk, A.N. Serbul

The analysis of structure of informative packages is conducted. Mathematical expressions are certain for the calculation of mean time of delivery of complete informative packages, and similarly informative packages of broken to pieces. Researches of dependence of relation of mean time of delivery of initial package are conducted to mean time of delivery of the fragmented package from the number of fragments at the arbitrary law of distributing of errors in a flow line. The criterion of optimum fragmentation of packages is chosen for achievement of the maximally possible diminishing of mean time of delivery of information. The algorithm of search of optimum number of fragments of informative package is developed.

**Keywords:** telecommunication network, network traffic, length of informative package, fragmentation, mean time of delivery of informative packages.