

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ АТМ В ЯЧЕЙКАХ ПЕРЕМЕННОЙ ДЛИНЫ

Н.Н. Мошак, OTZI@lou.cbr.ru
СПбГУТ, Санкт-Петербург, Россия

В качестве транспортной системы (ТС) широкополосных цифровых сетей с интеграцией служб (ШЦСИС) бывшим международным комитетом по телефонии и телеграфии (1987) была положена технология асинхронного переноса информации (Asynchronous Transfer Mode, АТМ). Передача трафика различной природы с заданным качеством обслуживания (Quality of Service, QoS) в сети осуществляется сервисными примитивами фиксированной длины - 53 байтными ячейками, каждая из которых содержит 8 байт служебной информации. Протокольная избыточность на уровне АТМ приводит к снижению использования пропускной способности линейных цифровых трактов (ЛЦТ) сети до 10% [1, 2]. Кроме того, указанный размер ячейки разработчиками был выбран в качестве компромиссного решения для передачи разнородного трафика и следовательно не является оптимальным для передачи каждого из них в отдельности. Известно [3, 4], что для различных типов трафика имеет место сильная зависимость длин протокольных блоков уровней архитектуры ТС от ее параметров.

Корпорацией IBM в рамках проекта по созданию коммутируемых виртуальных сетей АТМ (Switched Virtual Networking, SVN) разработаны сетевые широкополосные службы (Networking BroadBand Services, NBBS), которые позволяют вести передачу информации не только ячейками АТМ, но и фреймами различной длины в режиме пакетного переноса (Packet Transfer Mode, РТМ) [5]. Технология «ячейка в фреймах» (Cell in Frames, CIF), позволяющая использовать один АТМ-заголовок на несколько ячеек, формируя как бы один фрейм переменной длины, предложена также группой фирм-разработчиков, в которую вошли Cisco Systems, FORE Systems, Nortel и др. [2]. Функция формирования ячейки переменной длины может быть реализована либо на логическом уровне АТМ [5] базовой модели архитектуры ШЦСИС [7], либо на дополнительном подуровне сборки/разборки фреймов [2], расположенном ниже уровня АТМ. В связи с этим возникает вопрос сравнительной оценки эффективности сети АТМ по критерию коэффициента использования пропускной способности ЛЦТ [6], если произвести оптимизацию фреймов нагрузки классов *A*, *B*, *C* и *D* на уровне АТМ архитектуры ШЦСИС.

Для простоты анализа ограничимся рассмотрением режима передачи трафика класса *C* с использованием службы АBR в гибридной сети АТМ [8].

Расчет оптимальных длин C -фреймов данных уровня АТМ, будем базировать на построении и оптимизации общего коэффициента использования пропускной способности транспортного соединения $K^{C(g)}$ при условии, что среднее время пребывания C -фрейма в сквозном тракте передачи равно заданному значению. Указанный функционал учитывает избыточность служебных полей протокольных блоков, вносимую каждым логическим уровнем, а также особенности функционирования уровневых протоколов [6].

Пусть $s^C = \int_0^{\infty} l dF^C(l)$ - средняя длина C -сообщения данных на подуровне

конвергенции ААЛ3/4, $F^C(l)$ - распределение длины C -сообщений на этом подуровне; $L_h^C (h=3,4)$ - длина протокольного блока h -го уровня (соответственно подуровня сегментации/сборки и уровня АТМ - сегмента или ячейки (фрейма)); $H_h^C (h=3,4)$ - избыточность, вносимая в протокольный блок h -го уровня. Тогда в общем случае

$$K^{C(g)} \equiv K^{C(g)}(L_4^C, L_3^C) = \beta_4^C(L_4^C) \rho_3^C(L_3^C) \prod_{h=3}^4 \frac{s_h^C}{(L_h^C - H_h^C) N_h^C} \frac{L_h^C - H_h^C}{L_h^C}, \quad (1)$$

где $s_3^C = s + N_4^C H_4^C$, - «приведенная» к уровню АТМ средняя длина C -сообщения данных в случае использования функции организации фрейма (блокирования ячеек); N_3^C - среднее число информационных частей ячейки в C -сообщении с «приведенной» к уровню АТМ средней длиной s_3^C ; $s_4^C = s^C$; N_4^C - среднее число информационных частей сегментов подуровня сегментации и сборки на подуровне конвергенции; $\beta_4^C(L_4^C)$ - коэффициент, учитывающий механизм организации обратной связи на подуровне конвергенции с целью защиты от ошибок в ЛЦТ; $\rho_3^C(L_3^C)$, - коэффициент, учитывающий загрузку ЛЦТ.

При организации передачи C -сообщений в сети ячейками фиксированной длины всегда

$$L_4^C = L_3^C - H_3^C, \quad s_3^C = L_4^C, \quad N_3^C = 1 \quad (2)$$

При анализе эффективности процедуры блокирования мы ограничимся построением и исследованием математических моделей, описывающих процесс передачи C -сообщений данных в режиме установленного соединения, при этом будут рассматриваться только однородные магистральные АТМ-сети, у которых основные вероятностно-временные характеристики всех транспортных соединений примерно одинаковы. Для однородных сетей АТМ расчет сетевых характеристик сводится к расчету характеристик «типичного» для сети n -

звенного транспортного канала (n звеньев на физическом уровне образуют ЛЦТ). В предположении, что каждый канал тракта совместно с соответствующей ему частью памяти коммутатора АТМ моделируется СМО $M/M/1$, звенья независимы, время распространения сигналов и время обработки информации в коммутаторах достаточно малы, распределение ошибок в дискретном канале биномиальное с параметром p , можно показать [9], что

$$\beta_4^C = \frac{L_4^C (1-p)^{L_4^C}}{(1-p)^{L_4^C} - 1} \ln(1-p), \quad \rho_3^C(L_3^C) = 1 - \frac{n\omega^C L_3^C}{\omega^C T^C - (L_3^C - H_3^C)V},$$

где T - заданное среднее время пребывания C -сообщения данных в ЛЦТ, с; V - скорость передачи информации в ЛЦТ, содержащем данное виртуальное соединение, бит/с; ω^C - скорость работы установки C -данных оконечной системы, бит/с.

При $s \rightarrow \infty$, что эквивалентно постоянному наличию информации для передачи на подуровне конвергенции в режиме установленного соединения, можно показать [9], что при любых законах распределения длин сообщений $F^C(l)$ асимптотически

$$\frac{s_h^C}{N_h^C} \rightarrow L_h^C - H_h^C. \quad (3)$$

При условии (3) и с учетом, что $L_4^C = \text{const}$, оптимизация (1) для режима с блокированием ячеек во фреймы переменной длины на уровне АТМ сводится к оптимизации функционала

$$K_3^C(L_3^C) \equiv \frac{L_3^C - H_3^C}{L_3^C} \rho_3^C(L_3^C)$$

по переменной L_3^C . Оптимальная длина C -фрейма L_3^{*C} , полученная из уравнения

$$\frac{dK_3^C(L_3^C)}{dL_3^C} = 0, \quad (4)$$

подставляется в (1):

$$K^{C(g)} = \frac{L_4^C - H_4^C}{L_3^C} \beta_4^C \left(1 - \frac{n\omega^C L_3^C}{\omega^C T^C - (L_3^C - H_3^C)V} \right),$$

$$K^{C(g)}(L_3^{*C}) \equiv \frac{L_4^C - H_4^C}{L_4^C} \beta_4^C \frac{L_3^{*C} - H_3^C}{L_3^{*C}} \left(1 - \frac{n \omega^C L_3^{*C}}{\omega^C T^C - (L_3^{*C} - H_3^C) V} \frac{1}{V} \right),$$

где явное выражение для L_3^{*C} получаем из (4)

$$L_3^{*C} = \frac{T^C V - H_3^C \sqrt{\frac{n T^C V}{H_3^C}}}{\frac{V}{\omega^C} + \sqrt{\frac{n T^C V}{H_3^C}}} + H_3^C.$$

Сравнение величин максимально возможных коэффициентов использования пропускной способности ЛЦТ $K^{C(g)}(L_3^{*C})$ и $K^{C(g)}$ (при условии (2) и $L_3^C = \text{const} = 53$ байт) позволит оценить эффективность введения процедуры блокирования ячеек на уровне АТМ.

Для сети АТМ с параметрами: $V = 155,52$ Мбит/с, $\omega^C = 2400$ бит/с, $H_4^C = 32$ бит, $H_3^C = 40$ бит, $L_4^C = 384$ бит, $L_3^C = 424$ бит, $n = 10$, $p = 0$, $T^C = 1$ с сравнительная оценка показывает, что эффективность использования пропускной способности ЛЦТ при введении функции блокирования ячеек на уровне АТМ по сравнению с традиционной упаковкой протокольных блоков уровня сегментирования/сборки в ячейки фиксированной длины повышается на 12% (с точностью до 1%):

$$\Delta = \left(\frac{K^{C(g)}(L_3^{*C})}{K^{C(g)}} - 1 \right) 100\% = 12\% .$$

Используя предложенную методику можно показать, что эффективность операции блокирования данных на уровне АТМ сервисными примитивами переменной длины (фреймами) сохраняется в широком диапазоне изменения параметров транспортного С-соединения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Жигадло В.Э. Исследование базовых механизмов управления процессом обмена данными современных протоколов // Модели и методы исследования информационных сетей. Сборник научных трудов, СПб: ТЕМА.1999.
2. Аленов О.М.. АТМ в кадрах переменной длины // Сети и системы связи. 1999 №3(37).
3. Амосов А.А., Мошак Н.Н. Анализ транспортных систем интегральных цифровых сетей связи // Техника средств связи. Сер.ТПС. 1983. Вып 8.

4. Амосов А.А., Мошак. Метод расчета основных параметров пакетной транспортной системы интегральной цифровой сети связи // Автоматика и вычислительная техника. 1984. №6.
5. Шаршаков А.. Реализация и развитие технологии ATM корпорацией IBM // Сети. 1998. №1.
6. Мошак Н.Н.. Методы расчета параметров сети ATM // Приборостроение. Известия вузов. 2002. т.45. №3.
7. Мошак Н.Н. Анализ логической структуры транспортной сети ATM // Электросвязь. 2001. №9.
8. Мошак Н.Н. Сравнительный анализ служб CBR и VBRrt в сети ATM // Электросвязь. 2003. №.10
9. Мошак Н.Н.. Основы проектирования сетей ATM. Ч.2. Методы и модели расчета параметров широкополосных цифровых сетей с интеграцией служб: учебное пособие / СПбГУТ. СПб, 2003.

*Статья поступила в редакцию в апреле 2004г.,
после доработки – в мае 2004г.*