

ИССЛЕДОВАНИЕ ВРЕМЕНИ ЗАДЕРЖКИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ЯЧЕЕК В УЗЛАХ КОММУТАЦИИ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СЕТИ

С. Ю. Шерышов (Санкт-Петербург)

Доклад посвящен исследованию времени задержки ячейки в виртуальных соединениях широкополосной ATM сети и определению размера буфера узла коммутации при различных уровнях его загрузки. Результаты исследования могут использоваться для построения информационных систем на основе распределенных баз данных с заданным качеством обслуживания.

При построении информационных систем распределенных баз данных (РБД) на основе сетевых технологий возникает множество проблем, связанных с необходимостью обеспечения заданного качества доставки пользовательской информации в широкополосных сетях (B-ISDN) в условиях ограниченности ресурсов. Использование стандартных методов управления сетью обычно приводит к существенному увеличению доли служебной информации, т. е. в итоге уменьшает полезное использование пропускных способностей узлов и каналов связи сети. Ниже предлагается эффективное решение этой проблемы за счет введения адаптивного управления сетью с использованием метода прогнозирования трафика в реальном масштабе времени на основе имитационного моделирования.

Для реализации этой цели необходимо решить следующие задачи:

1. разработка и обоснование *критерия эффективности* широкополосной сети при адаптивном управлении доставкой информационных ресурсов, позволяющего учитывать производительность сети и показатели качества обслуживания Q запросов пользователей;

2. разработка *концептуальной модели* доставки информационных ресурсов в B-ISDN, на основе которой строятся аналитические модели для оценки эффективности процесса доставки информационных ресурсов для различных классов трафика;

3. построение *аналитической модели* доставки информационных ресурсов в B-ISDN с использованием разработанного критерия эффективности и аппарата теории массового обслуживания. Результаты, получаемые на этом этапе, могут быть использованы для приближенной оценки показателей качества функционирования B-ISDN при алгоритме адаптивного управления доставкой информационных ресурсов;

4. разработка и машинная реализация *имитационной модели* доставки информационных ресурсов в B-ISDN, необходимой для получения экспериментальной оценки функционирования B-ISDN при адаптивном управлении доставкой информационных ресурсов. В результате решения этой задачи проверяются теоретические результаты, полученные на предыдущих этапах.

Данный доклад посвящен определению показателей качества обслуживания в широкополосных сетях при построении систем РБД.

Одним из основных показателей качества обслуживания Q является величина среднего времени задержки ячейки в виртуальных соединениях широкополосной сети. В [1] даны характеристики времени задержки ячейки в широкополосных ATM сетях: задержка на формирование ячейки (*Packetization Delay – PD*) – зависит от скорости генерации ячеек источником; задержка на обслуживание в узле коммутации (*Switching Delay – SD*) – зависит от производительности узла; задержка в буферном накопителе узла коммутации (*Queuing Delay – QD*) – зависит от нагрузки входящих каналов связи; задержка на формирование информационного сообщения из ячеек (*Depacketization Delay – DD*) – зависит от скорости работы приемника. При построении аналитической модели достав-

ки информационных ресурсов в магистральной части широкополосной сети можно пренебречь временными задержками PD и DD .

Для дальнейшего анализа представим модель доставки информационных ресурсов в широкополосной сети в символической Q -схем [2] (рис. 1), где приняты следующие обозначения: $\lambda_{я}$ – интенсивность потока собственных ячеек; λ_T – интенсивность потока транзитных ячеек; λ_{loss} – интенсивность потока ячеек, которым было отказано в обслуживании; $УК$ – узлы коммутации широкополосной сети; s – источник, генерирующий ячейки; d – источник, принимающий ячейки; $T_{ож}$ – время ожидания ячейки в буфере узла коммутации или канала связи; $T_{обс}$ – время обслуживания ячейки узлом коммутации или каналом связи.

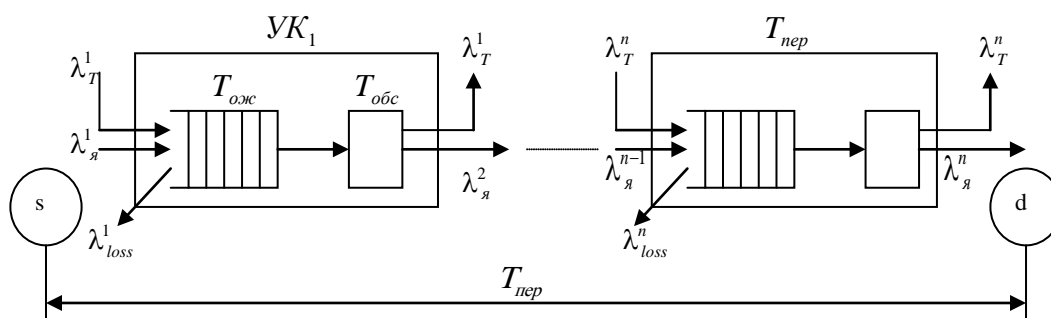


Рис. 1. Модель доставки информационных ресурсов в символической Q -схем

Определим среднее значение времени задержки ячейки в узле коммутации или канале связи T_i и функцию распределения величины $F_i(T_i^s) = P(T_i \leq T_i^s)$. При этом будем полагать, что все каналы связи в виртуальных соединениях имеют одинаковую пропускную способность, и все узлы коммутации в сети имеют равную производительность. Под виртуальным соединением в данном случае будем понимать последовательность Q -схем, отображающих узлы коммутации и каналы связи, через которые пролегает путь ячейки от источника с номером s до получателя с номером d . Виртуальное соединение, связывающее источник и получателя будем обозначать $s \rightarrow d$.

Среднее время задержки ячейки в буфере УК или канала связи широкополосной сети (КС) можно определить с использованием формулы Литтла [3]:

$$T_i = \frac{N_i}{\lambda_i^\Sigma}, \quad (1)$$

где N_i – среднее количество ячеек в i -м буфере (в очереди и на обслуживании); λ_i^Σ – средняя интенсивность суммарного потока ячеек, поступающих на обслуживание i -го узла коммутации или канала связи; T_i – среднее время пребывания ячейки в i -м узле коммутации или канале связи (включая время обслуживания $T_{обс}$). Для доказательства этого утверждения не нужны допущения о характере распределений интервалов между ячейками, времени обслуживания $T_{обс}$, числе обслуживаемых элементов и порядке обслуживания.

Интенсивность суммарного входного потока ячеек в i -й узел коммутации можно определить по формуле

$$\lambda_i^\Sigma = \sum_{s=1}^N (\lambda_{s,i} + \lambda_{i,\Sigma}), \quad (2)$$

где $\lambda_{i,\Sigma}$ – интенсивность транзитного потока ячеек; $\lambda_{s,i}$ – интенсивность потока собственных ячеек от s источника.

Интенсивность суммарного входного потока ячеек в i -й канал связи можно определить по формуле

$$\lambda_i^\Sigma = \sum_{\substack{d=1 \\ d \neq i}}^N (\lambda_{i,d} + \lambda_{i,\Sigma}^T), \quad (3)$$

где $\lambda_{i,\Sigma}^T$ – интенсивность транзитного потока ячеек, проходящих по каналам связи и направляющихся к другим узлам коммутации сети; $\lambda_{i,d}$ – интенсивность потока собственных ячеек, принадлежащих d узлам коммутации.

Тогда с использованием формулы Поллачека-Хинчина для Q-схемы типа $M/D/1$ [4]

$$N_i = \rho_i + \frac{\rho_i^2}{2(1 - \rho_i)}, \quad (4)$$

где ρ_i – коэффициент загрузки модели i -го узла коммутации или канала связи: $\rho_i = \lambda_i^\Sigma T_{обс} < \rho_i$; $T_{обс}$ – время обслуживания ячейки в узле коммутации или канале связи.

Отсюда среднее время задержки ячейки в i -м узле коммутации или канале связи

$$T_i = \frac{T_{обс}(2 - \rho_i)}{2(1 - \rho_i)}, \quad (5)$$

Таким образом, получено значение среднего времени задержки ячейки в узле коммутации или канале связи для Q-схемы типа $M/D/1$ с буфером бесконечной емкости.

Рассмотрим Q-схему типа $M/D/1/X$, где X – емкость буфера узла коммутации, и определим максимальное значение времени задержки ячейки в i -м узле коммутации или канале связи в зависимости от размера буфера X данного узла или канала и времени обслуживания $T_{обс}$ в буфере одной ячейки. Если емкость буфера полностью заполнена ячейками, то максимальное время, которое ячейка проведет в узле коммутации или канале связи, ожидая обслуживания, составит

$$T_i^{\max} = XT_{обс}. \quad (6)$$

Найдем зависимость средней и максимальной задержки ячейки в i -м буфере узла коммутации или канала связи, представленных однофазной Q-схемой с конечным буфером, емкость которого X изменялась в широком диапазоне.

В коммутационной системе узла коммутации обеспечивается коммутация широкополосных каналов связи. Широкополосный доступ ориентируется на стан-

данные скорости передачи 155,52 Мбит/с и 622,08 Мбит/с (рекомендация МСЭ 1.211).

Размер буфера для Q-схемы типа M/D/1 найдем из формулы [2]

$$X = -\frac{1}{2} \ln P_{loss}(X) \frac{\rho}{(1-\rho)}, \quad (7)$$

где ρ - нагрузка; $P_{loss}(X)$ - вероятность потери ячеек из-за искажений при передаче в канале связи, переполнения буфера узла коммутации и т. д.

Время обслуживания $T_{обс}$ определим по формуле [5]

$$T_{обс} = \frac{27\rho l_{я}}{26C}, \quad (8)$$

где $l_{я}$ - длина ячейки, C - пропускная способность канала связи.

Для проведения моделирования использовалась среда имитационного моделирования GPSS. Исходными параметрами для проводимых исследований были приняты следующие данные: $l_{я}$ - длина ячейки ATM, $l_{я} = 0,424$ мбит, при пропускной способности канала связи $C = 155,52$ Мбит/с время обслуживания - $T_{обс} = 2,831$ мкс, при пропускной способности канала связи $C = 622,08$ Мбит/с время обслуживания - $T_{обс} = 0,708$ мкс, вероятность потери ячеек из-за искажений при передаче в канале связи, переполнения буфера узла коммутации и т. д. - $P_{loss}(X) = 10^{-8}$, 10^{-10} и 10^{-12} .

Результаты проведенного моделирования представлены в табл. 1 и 2 для пропускных способностей каналов связей 155,52 Мбит/с и 622,08 Мбит/с, соответственно.

Таблица 1

Загрузка	Размер буфера при заданной вероятности потер ячеек, X (ячеек)			Среднее время задержки ячеек	Максимальное время задержки ячейки при заданной вероятности потери ячеек, $T_i^{max}(X)$, мкс		
	$P(x)=10^{-8}$	$P(x)=10^{-10}$	$P(x)=10^{-12}$		T_i , мкс	$P(x)=10^{-8}$	$P(x)=10^{-10}$
0,4	7	8	10	3,77	19,82	22,65	28,31
0,5	10	12	14	4,25	28,31	33,97	39,63
0,6	14	18	21	4,95	36,9	50,96	59,45
0,7	22	27	33	6,13	62,28	76,44	93,42
0,75	28	35	42	7,08	79,27	99,08	118,9
0,8	37	47	56	8,49	104,7	133,1	158,5
0,85	53	66	79	10,85	150	187	223,6
0,9	83	104	125	15,57	235	294,4	353,9
0,95	175	219	263	29,73	495	620	744,6

Таблица 2

За- груз- ка	Размер буфера при заданной веро- ятности потер ячейек, X (ячеек)			Среднее время за- держки ячеек	Максимальное время задержки ячей- ки при заданной вероятности потери ячеек, $T_i^{\max}(X)$, мкс		
	$P(x)=10^{-8}$	$P(x)=10^{-10}$	$P(x)=10^{-12}$		T_i , мкс	$P(x)=10^{-8}$	$P(x)=10^{-10}$
0,4	7	8	10	0,94	4,96	5,66	7,08
0,5	10	12	14	1,062	7,08	8,49	9,91
0,6	14	18	21	1,24	9,91	12,74	14,87
0,7	22	27	33	1,53	15,58	19,12	23,36
0,75	28	35	42	1,77	19,82	24,78	29,74
0,8	37	47	56	2,12	26,2	33,28	39,65
0,85	53	66	79	2,71	37,52	46,73	55,93
0,9	83	104	125	3,89	58,76	73,63	88,5
0,95	175	219	263	7,43	123,9	155,1	186,2

Результаты проведенного исследования позволяют, в зависимости от допустимых значений вероятности потери ячейек P_{loss} в буфере и времени задержки ячейек T_i , выбрать *максимальную загрузку* ρ узла коммутации или канала связи и *пропускную способность* канала связи (или быстродействие процессора в узле коммутации), а также определить требуемый размер буфера X . Представленные результаты могут быть использованы в инженерных расчетах при создании информационной системы на основе РБД.

Литература

1. **Oliver C. Ibe.** Essentials of ATM Networks and Services. MA: Addison-Wesley, 1997.
2. **Советов Б.Я., Яковлев С.А.** Построение сетей интегрального обслуживания. Л. Машиностроение, 1990.
3. **Клейнрок Л.** Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979.
4. **Клейнрок Л.** Вычислительные системы с очередями. М.: Мир, 1979.
5. Ed Tittel, Steve James, David Piscitello, Lisa Phifer. ISDN: Clearly Explained. AP Professional. 1997.