Распределенные микропроцессорные управляющие системы и локальные вычислительные сети

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЦЕНТР НАУЧНОЙ КУЛЬТУРЫ
"ВСЕМИРНАЯ ЛАБОРАТОРИЯ"
Томское представительство Отделения в СССР

РАСПРЕДЕЛЕННЫЕ МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ И ЛОКАЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СЕТИ

Материалы Всесоюзной научно-технической конференции

Томск
(июнь 1991)

Издательство Томского университета
Томск - 1991

АВТОРСКИЙ УКАЗАТЕЛЬ

Алтазин Г.И. 3
Альбрехт Е.И. 6
Андриевская Н.З. 9
Аникин Л.А. 13,14
Антиногенов О.В. 197
Афанасович З.В. 15
Баглюк С.И. 18
Баранник А.В. 21
Баранник З.Г. 21,23,24
Баранник Н.В. 28,61
Бартфельд Б.И. 30
Бериков А.Р. 30
Болтнев В.Ф. 32
Бондаренко В.П. 34,37
Борисов В.З. 40
Бочаров П.П. 43
Бурлаков Л.В. 45
Бурикина Л.В. 49
Вагнер Т.П. 50
Виноградов Н.А. 53
Винокур В.М. 9
Гольцанд Е.М. 55
Головко Н.Л. 58
Гордев А.Л. 61,67,69,73
Гуревич Н.М. 78
Гусев А.Л. 80
Даниленко Е.Л. 82,85
Данилов Н.Н. 88
Дёмин В.К. 90
Дёмин Н.С. 92
Дрожжин В.С. 95,98
Дудин А.Н. 101
Жданов В.С. 104
Жданов О.П. 107
Желудко Э.В. 231
Жучкова Н.В. 109
Зима В.М. 111
Иванов Г.А. 114
Харалин А.Р. 131
Карцев Е.А. 117
Киселев Е.Р. 118
Клигене Н. 119
Клименок В.Л. 161
Климов Л.С. 67
Ковалев Е.А. 122
Коваков К.С. 124
Комарова А.Л. 85
Кон Е.Л. 126,129
Кондратов Д.Н. 145
Копман В.А. 131
Коротаев Н.А. 133,135,138
Коротаева Н.И. 69
Коршков Р.Д. 141
Костарев С.В. 143
Косяков Е.М. 145
Красильникова Л.В. 231
Кривошеев Н.А. 114
Кропотин Б.Л. 14,147
Куликова Т.М. 149
Кустов В.М. 152
Левин В.Н. 12,147
Левшиц К.Л. 155
Лыбенко Ю.А. 158
Ломако А.Г. 111,160
Лукальский Я.П. 163
Малиновский Ю.Г. 165
Мальцев М.Г. 18
Марков А.В. 168
Маталыцкий М.А. 104
Матушкин Н.М. 126,170
Медриш М.А. 78
Меркушев А.Г. 129
Монтвилас А.М. 173
Морозов Е.В. 176

Мостинский Р.С. 136
Назаров А.А. 177
Наркович Р.К. 180
Нежельская Л.А. 181
Новиков Е.Г. 16
Ованнисян К.Д. 43
Оскорбин Н.М. 3
Пазняков Т.В. 131
Пашук В.Ф. 34,37
Переверзев Е.С. 183
Печинкин А.В. 186
Пичугин С.Б. 188
Плеханова В.М. 192
Поздняков А.П. 205
Позняк Р.И. 195
Пономаренко Т.Б. 197
Попов А.Ю. 199
Поттосин Ю.В. 201
Поттосина С.А. 204
Преображенский А.В. 118
Разборов Д.Б. 131
Ревинский В.В. 195
Рыков В.В. 207
Саксонов Е.А. 104
Севрюгин Д.А. 14
Слесарев А.Ю. 160
Сорокина Г.Н. 211
Спивак Л.Р. 138
Степанов А.А. 12,147
Сухотина Л.Ю. 155
Сущенко С.П. 213
Тахтамышева Н.А. 78
Терпугов А.Ф. 149
Тихоненко О.М. 195
Тихонов А.М. 118
Туренова Е.Л. 216
Федоткин М.А. 219
Филимонов В.В. 163
Харлашкин И.А. 222
Чекменев В.А. 225
Черемисинов Д.И. 228
Черемисинова Л.Д. 231
Четвериков Б.Л. 118
Шаталов В.И. 107
Шевченко Т.И. 73
Шпилевский Э.К. 180
Шурпиков О.А. 78
Эрмуйжа А. 234
Южаков А.А. 126,170
Юревич Н.М. 177

ОПЕРАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРОЦЕССА СКВОЗНОЙ ТРАНСПОРТИРОВКИ СООБЩЕНИЙ В ТРАКТЕ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С ИСКАЖЕНИЯМИ

О.П.Сущенко (Томск)

Важнейшими показателями эффективности процесса передачи данных в ненадежном тракте являются вероятность доставки сообщений между корреспондирующими абонентами за заданное время и средняя сквозная задержка. В данной работе исследуется влияние длительности сквозного тайм-аута неприема квитанции, упакованной в служебный пакет, на операционные характеристики процесса транспортировки мультипакетного сообщения по однозвенному тракту передачи данных. Предполагается, что информационные пакеты сообщения и квитанции передаются согласно управляющей процедуре старт-стопного протокола [1] и имеют отношение длительностей элементарных циклов обмена, равное $m \geq 1$. Для простоты полагается, что цикл передачи квитанции имеет единичную длительность. Тогда вероятность сквозной передачи абонентского сообщения из N пакетов удаленному корреспонденту и получения от него квитанции ровно за k интервалов единичной длительности определится следующим образом:

$$f_N(k)=\sum_{i=N}^{\left[\frac{k-1}{m}\right]} P_N(i)\,p_1(k-im), \quad k \geq Nm+1,$$

где $[.]$ означает целую часть, $P_N(i)$ и $p_1(j)$ - соответственно функции вероятностей времени доставки абоненту N-пакетного сообщения и времени получения отправителем квитанции от абонента, имеющие вид [2]:

$$P_N(i)=\binom{i-1}{N-1}(1-R)^N R^{i-N}, \quad p_1(j)=(1-r)r^{j-1},$$

R - вероятность искажения информационного, а r - служебного пакетов. Используя выражения для сумм вида $\sum_{k=0}^{t} k^S x^k$, $S=\overline{0,3}$ [3], выполняем суммирование в данном соотношении при $N=\overline{1,4}$. Обобщая найденные зависимости, окончательно получаем:

$$f_N(k)=\frac{(1-R)^N(1-r)}{(1-R/r^m)^N} r^{k-Nm+1}\left\{1-\left(\frac{R}{r^m}\right)^{\left[\frac{k-1}{m}\right]-N+1}\sum_{i=0}^{N-1}(-1)^i\binom{\left[\frac{k-1}{m}\right]}{i}\left(1-\frac{r^m}{R}\right)^i\right\}.$$

Распределение по длительности тайм-аута $n \geq Nm+1$ времени сквозной передачи мультипакетного сообщения и получения уведомления с

учетом наличия в $f_N(k)$ функции целой части удобно записать в виде:

$$P_N = \sum_{k=Nm+1}^{n} f_N(k) = \sum_{i=N}^{\left[\frac{n}{m}\right]-1} \sum_{j=1}^{m} f_N(mi+j) + \sum_{j=1}^{n-m\left[\frac{n}{m}\right]} f_N\left(m\left[\frac{n}{m}\right]+j\right).$$

Тогда для P_N имеем

$$P_N = 1 - \sum_{i=0}^{N-1} \binom{\left[\frac{n}{m}\right]}{i} (1-R)^i R^{\left[\frac{n}{m}\right]-i} - r^{n-Nm} \frac{(1-R)^N}{(1-R/r^m)^N} \left\{1 - \left(\frac{R}{r^m}\right)^{\left[\frac{n}{m}\right]} \sum_{i=0}^{N-1} (-1)^i \binom{\left[\frac{n}{m}\right]}{i} \left(1-\frac{r^m}{R}\right)^i\right\}.$$

Из данной зависимости видно, что при длительности тайм-аута $n=Nm+1$, как и следовало ожидать, вероятность $P_N=(1-R)^N(1-r)$, а в случае $m=1$ и $r=R$, соответствующем варианту переноса квитанции в информационных пакетах встречного потока, P_N преобразуется к

$$P_N = 1 - \sum_{i=0}^{N} \binom{n}{i} (1-R)^i R^{n-i}.$$

Для среднего ненормированного времени ожидания квитанции отправителем при условии ее получения за длительность тайм-аута n справедливо:

$$n_N = \sum_{k=Nm+1}^{n} k f_N(k) = \sum_{i=N}^{\left[\frac{n}{m}\right]-1} \sum_{j=1}^{m} (mi+j) f_N(mi+j) + \sum_{j=1}^{n-m\left[\frac{n}{m}\right]} (m\left[\frac{n}{m}\right]+j) f_N\left(m\left[\frac{n}{m}\right]+j\right).$$

Отсюда получаем

$$n_N = \frac{1}{1-r}\left\{1 - \sum_{i=0}^{N-1} \binom{\left[\frac{n}{m}\right]}{i} (1-R)^i R^{\left[\frac{n}{m}\right]-i}\right\} + \frac{Nm}{1-R}\left\{1 - \sum_{i=0}^{N} \binom{\left[\frac{n}{m}\right]+1}{i} (1-R)^i R^{\left[\frac{n}{m}\right]+1-i}\right\} -$$

$$- \frac{(1-R)^N r^{n-Nm}(n(1-r)+1)}{(1-r)(1-R/r^m)^N}\left\{1 - \left(\frac{R}{r^m}\right)^{\left[\frac{n}{m}\right]} \sum_{i=0}^{N-1} (-1)^i \binom{\left[\frac{n}{m}\right]}{i} \left(1-\frac{r^m}{R}\right)^i\right\}.$$

Тогда при неограниченном числе сквозных повторных передач на транспортном уровне сообщения в целом средняя задержка сообщения в тракте, выраженная в количестве интервалов единичной длительности, составит

$$T_N = \sum_{i=1}^{\infty} \left\{(i-1)n + n_N/P_N\right\} (1-P_N)^{i-1} P_N = \frac{n(1-P_N)+n_N}{P_N}.$$

Или окончательно

$$T_N = \frac{1}{P_N}\left\{\frac{1}{1-r} + \left(n - \frac{1}{1-r}\right) \sum_{i=0}^{N-1} \binom{\left[\frac{n}{m}\right]}{i} (1-R)^i R^{\left[\frac{n}{m}\right]-i}\right\}.$$

$$+\frac{Nm}{1-R}\left[1-\sum_{i=0}^{N}\left[\frac{\left[\frac{n}{m}\right]+1}{i}\right](1-R)^{i}R^{\left[\frac{n}{m}\right]+1-i}\right]-$$

$$-\frac{(1-R)^{N}r^{n-Nm}}{(1-r)(1-R/r^{m})^{N}}\left[1-\left[\frac{R}{r^{m}}\right]^{\left[\frac{n}{m}\right]}\sum_{i=0}^{N-1}(-1)^{i}\left[\frac{\left[\frac{n}{m}\right]}{i}\right]\left(1-\frac{r^{m}}{R}\right)^{i}\right]\Bigg].$$

При $m=1$ и $r=R$ данное выражение принимает вид:

$$T_N=P_N^{-1}(1-R)^{-1}\left\{N+1-\sum_{i=0}^{N}(N+1-i)\binom{n}{i}(1-R)^{i}R^{n-i}\right\}.$$

Из этих соотношений нетрудно видеть, что величина задержки на концах области определения длительности тайм-аута n изменяется от $T_N=\frac{Nm+1}{(1-R)^{N}(1-r)}$ при $n=Nm+1$ до $T_N=\frac{Nm}{1-R}+\frac{1}{1-r}$ при $n=\infty$, а для случая $m=1$ и $r=R$, значения T_N колеблются соответственно от $T_N=(N+1)/(1-R)^{(N+1)}$ до $T_N=(N+1)/(1-R)$.

В заключение отметим, что возможно обобщение полученных соотношений для задержки и вероятности сквозной доставки данных на случай переноса квитанций в смешанном графике подтверждений. Кроме того, найденные зависимости могут быть использованы при отыскании длительности тайм-аута, обеспечивающего заданный уровень вероятности потерь или средней задержки.

Литература

1. Богуславский Л.Б. Управление потоками данных в сетях ЭВМ. М.: Энергоатомиздат, 1984. 168 с.
2. Сущенко С.П. Влияние длительности сквозного тайм-аута на задержку пакета в многозвенном виртуальном канале. // 15-я Всесоюзная школа-семинар по вычислительным сетям. М.-Л., 1990. Т.2, С.292-297.
3. Прудников А.П., Брычков Ю.П., Маричев О.И. Интегралы и ряды: Элементарные функции. М.: Наука, 1981. 800 с.