

Полумарковские модели рабочей нагрузки на локальную вычислительную сеть

О.М.ДЕМИДЕНКО

1. Введение

Проблеме исследования вычислительных сетей (ВС) аппаратом теории массового обслуживания (ТМО) посвящено много работ [1, 2, 3]. Однако основной трудностью этих исследований являлось задание достоверной исходной информации для построения моделей входящего потока (ВХП). Отсутствие средств измерения параметров ВХП на реальных локальных вычислительных сетях (ЛВС) только добавляло проблем. Поэтому задача разработки системы мониторинга (SYSMON) параметров вычислительного процесса (ВП) и рабочей нагрузки (РН) на ЛВС является актуальной.

2. Принципы формализации вычислительного процесса и рабочей нагрузки на ЛВС

Предполагается, что имеется 3 типа пользователей на входе узла ЛВС: удаленной пакетной обработки ($i=1$), диалоговые ($i=1$), транзитные ($i=3$). Пользователь i -го типа рождает задачу Zd_i . Множество $\{Zd_{is}, i=\overline{1,3}\}$ составляет РН s -го узла ЛВС. Каждая Zd_{is} рождает требования (TR_{is}) на обслуживание с интенсивностью (λ_{is}). Считаем, что все требования Zd_{is} идентичны друг другу и характер их обслуживания определяется графом $GRZD_{is}$ взаимосвязи друг с другом программных модулей ($ПМ_j$), где $j=\overline{1,J}$. Здесь J - число типов $ПМ_j$, обслуживающих TR_i . Граф $GRZD_{is}$ определяет полумарковский процесс использования ресурсов центрального процессора (CPU). Поскольку в дальнейшем исследуется отдельный узел ЛВС, то опустим индекс узла s в зависимостях. Как известно из [5], полумарковский процесс полностью характеризуется:

- матрицей переходов от $ПМ_k$ к $ПМ_j$ при выполнении запросов i -го типа ($\|P_{ikj}\|$);
- матрицей функций распределения, элементами которой являются длительности выполнения $ПМ_j$ при условии, что предыдущим выполнялся $ПМ_k$ ($\|F_{ikj}(t)\|$);
- начальным распределением исходных программных модулей ($P_i(0)$) в графе $GRZD_i$.

Известно также, что полумарковский процесс является марковским только тогда, когда время его требования в j -ом состоянии не зависят от того, каким будет следующее состояние этого процесса, и имеет экспоненциальное распределение. Поэтому при построении ПМ РН на входе узла ЛВС по данным натурных экспериментов необходима проверка этих условий. Очевидно, что благодаря специфике организации ВП в $GRZD_i$ отсутствуют поглощающие состояния. Поэтому момент завершения запроса TR_i необходимо определять по общему числу использований CPU (n_i) последовательностью $ПМ_j$. Таким образом, РН на узел ЛВС определяется следующими параметрами: λ_{is} , $\|P_{ikj}\|$, $\|F_{ikj}(t)\|$, $P_i(0)$, n_i , $i=\overline{1,3}$.

Собственно характеристики ВП в узле ЛВС в терминах ТМО определяются степенью и характером использования CPU программными модулями ($ПМ_j$). Каждый $ПМ_j$ представляет собой прибор массового обслуживания с очередью TR_i на входе. При этом характеристиками этого прибора являются: коэффициент использования $ПМ_j$ (η_j), средняя длина очереди TR_i ($l_{очj}$), среднее время пребывания TR_i в очереди ($t_{очj}$), число требований, побывавших в очереди ($n_{очj}$), общее число TR_i , обслуженных $ПМ_j$ (n_j). С помощью этих характеристик

можно оценить коэффициент загрузки CPU ($\eta_{CPU} = \sum \eta_j$) и найти "узкие места" в организации ВП для заданной структуры РН. Важными характеристиками качества обслуживания TR_i являются длительности цикла обслуживания TR_i (T_i). Ранжируя ПМ j по значениям вектора $(\tau_j, loc_j, to_j, по_j, p_j)$, находят "узкие места" в организации ВП.

3. Программное обеспечение и технология определения параметров РН и ВП на реальной ЛВС

В соответствии с изложенными принципами формализации структура SYSMON определяется необходимостью реализации следующих функций: отслеживание системных событий, сопоставление этих операций процессам, периодическая запись статистики измерений на диск. Системными событиями считаем: переключение потоков, обращение к диску, использование виртуальной памяти, графические операции. Структурно SYSMON состоит из трех модулей: перехвата системных событий (MS1), идентификации процессов (MS2), сбора статистики (MS3). MS1 представляет собой драйвер, написанный на языке C++ с использованием библиотеки VToolsD. Он перехватывает управление у системных операций. Для хранения информации драйверу выделяется в невыгружаемой памяти буфер емкостью 2048 событий. Поскольку скорость заполнения этого буфера может изменяться от 5 до 1500 событий в секунду, то модуль MS3 должен своевременно считать статистику из этого буфера. MS2 представляет собой динамически загружаемую библиотеку, содержащую системную "ловушку". Использование "ловушки" позволяет загрузить библиотеку в адресное пространство каждого процесса. Во время инициализации библиотеки вызывается функция получения системного идентификатора процесса, а затем этот идентификатор отсылается MS3. MS3 представляет собой программу, написанную на языке Borland Delphi 5.0. Он выполняет следующие действия: загружает драйвер перехвата системных событий; регистрирует в системе "ловушки", содержащие модуль идентификации процессов; создает файл журнала событий с уникальным именем, запускает отдельный программный поток, отвечающий за считывание данных из драйвера и записи их в журнал; отображает промежуточные данные на дисплее. Как видим, монитор внедряет свои "перехватчики" на основных информационных магистралях узла ЛВС.

Все эксперименты с помощью SYSMON реализуются следующей последовательностью шагов:

Шаг 1. Анализ операционной обстановки в ВП реального узла ЛВС (проводится в режиме ННЭ). Этот эксперимент проводится в системе, структура РН которой неизвестна и носит случайный характер. При этом монитор SYSMON резервирует 256 Кбайт памяти для хранения измеряемых статистик узла ЛВС ($V_{MEM\ SYSMON}$); снижает коэффициенты использования CPU и жесткого диска (HDD) на величину соответственно (η_{CPU}) и (η_{HDD}); требует выделения монитору свободного дискового пространства ($V_{HDDFree}$) для хранения журнала SYSMON.

Шаг 2. Получение исходной информации для ИЭ. Для изучения характеристик реакции ЛВС на изменение параметров ВП и РН неуправляемый эксперимент не подходит. Его нагрузка случайна. Поэтому можно сделать вывод, что для исследования ЛВС в граничных состояниях необходим УНЭ. Для этой цели предлагается использовать программу-эмулятор РН (MODELTEST), которая использует ресурсы ЛВС соответственно тому распределению, которое необходимо в соответствии с ПЭ. В качестве базы для организации УНЭ используется "псевдорабочая нагрузка", моделирующая действия ПМ j .

Шаг 3. Управляемый натурный эксперимент для получения исходной информации постановки имитационного эксперимента (ИЭ). Необходимо в ходе УНЭ измерить значения инвариантов РН. Для этого в первой версии SYSMON РН разбивается на 7 типов ПМ j , характеристики использования ресурсов узла ЛВС которыми измеряются. Управляемыми

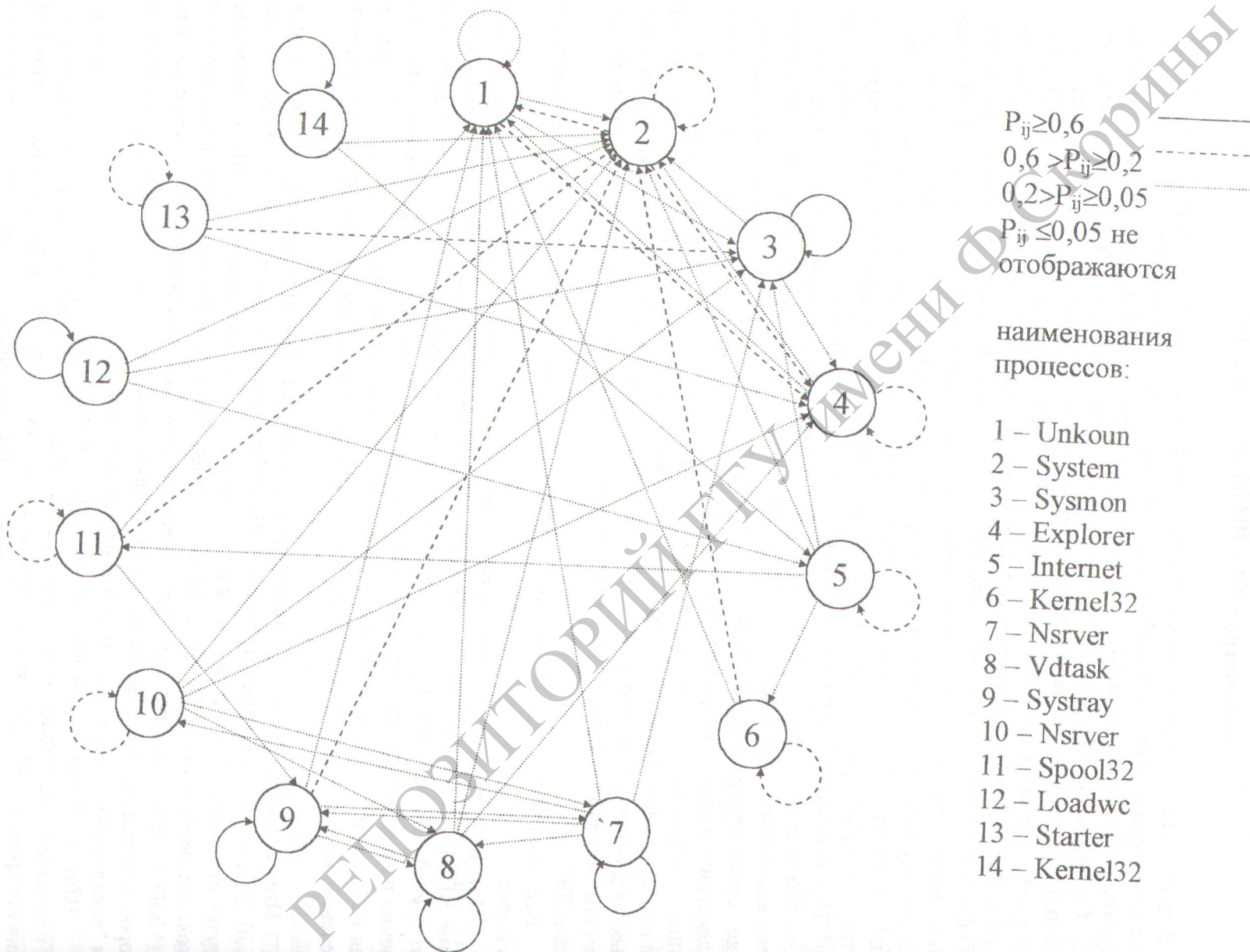


Рис. 1. Структура РН, полученная в ходе ННЭ

Таблица 1. Матрица функций распределения времени выполнения ПМ_j ($\|F_{ikj}(t)\|$) для диалогового пользователя ($i=2$)

Индекс предыдущего ПМ _k	Название модулей (ПМ _k)	Тип распределения p Среднее время выполнения	Индексы последующих ПМ _j						
			j=1	j=2	j=3	j=4	j=5	j=6	j=7
k=1	Ввод (МВВ)	тип t_{ijk}	EXP 1520	EXP 1510	EXP 1570	EXP 1500	EXP 1500	EXP 1410	EXP 1550
k=2	Корректировка (МКО)	тип t_{ijk}	EXP 2700	EXP 2600	EXP 2450	EXP 2720	EXP 2800	EXP 2700	EXP 2750
k=3	Формирование отчета (МФО)	тип t_{ijk}	EXP 5000	EXP 5100	EXP 5200	EXP 5800	EXP 5500	EXP 5400	EXP 5500
k=4	Обработка информации в ИБД (МОБ)	тип t_{ijk}	EXP 2700	EXP 2500	EXP 2800	EXP 2400	EXP 2750	EXP 2500	EXP 2500
k=5	Удаление информации из ИБД (МУД)	тип t_{ijk}	EXP 2600	EXP 2710	EXP 2700	EXP 2700	EXP 2500	EXP 2500	EXP 2500
k=6	Печать информации (МПЕ)	тип t_{ijk}	NOR <u>5600</u> 5400	NOR <u>5400</u> 5200	NOR <u>5500</u> 5000	NOR <u>5100</u> 4500	NOR <u>5600</u> 5000	NOR <u>5800</u> 4000	NOR <u>5600</u> 4000
k=7	Проведение математических расчетов (МСЧ)	тип t_{ijk}	EXP 6200	EXP 6300	EXP 6700	EXP 6800	EXP 6500	EXP 6400	NOR <u>6550</u> 5000

Значения интервалов РН для диалогового режима

Таблица 2.

Матрица P_{ikj}								
Индекс ПМк	Название модулей (ПМк)	МВВ $j=1$	МКО $j=2$	МОТ $j=3$	МОБ $j=4$	МУД $j=5$	МПЕ $j=6$	МСЧ $j=7$
1	МВВ	0,05	0,05	0,02	0,03	0,05	0,10	0,70
2	МКО	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,05	0,80
3	МОТ	0,05	0,03	0,02	0,05	0,03	0,02	0,75
4	МОБ	0,03	0,02	0,03	0,02	0,05	0,10	0,75
5	МУД	0,02	0,03	0,05	0,05	0,05	0,05	0,75
6	МПЕ	0,02	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,68
7	МСЧ	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,10	0,65

Значения P_{ik} и n_j								
Тип пользователя (i)	Обозначение компонент	Значения компонент векторов (P_{ik}) и (n_j)						
		k=1	k=2	k=3	k=4	k=5	k=6	k=7
i=1	P_{ik}	0,90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
	n_j	720	200	100	100	100	120	750
i=2	P_{ik}	0,80	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,15
	n_j	75	100	100	100	200	100	300
i=3	P_{ik}	0,90	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,05
	n_j	30	50	50	50	40	50	100

факторами при постановке УНЭ являются: тип ОС (тип), размер оперативной памяти ($V_{\text{ОЗУ}}$), частота работы базовой шины узла ЛВС ($v_{\text{БШ}}$), значения множителей шины процессора (M_{CPU}). Дополнительным фактором считаем тип пользователя (i). Для измерения инвариантов ПМ $_j$ производится УНЭ методом независимого выполнения ПМ $_j$.

4. Апробация SYSMON и методик их использования

Для проведения НЭ использовалось 13 вычислительных комплексов различных конфигураций. Все компьютеры были объединены в общую ЛВС в рамках одного домена сети Ethernet. Суммарное время сбора статистики при исследовании ВП в узле ЛВС в ходе ННЭ составило 300 часов машинного времени.

В ходе апробации SYSMON и методик ее использования были определены характеристики, необходимые для построения ПММ РН на узел ЛВС. В табл. 1 и табл. 2 приведены соответственно матрицы $\|P_{ikj}\|$ и $\|F_{ikj}(t)\|$. В табл. 1 приведены названия и обозначения ПМ $_j$. Параметрами ПМ $_j$ являются: тип распределения и значение параметров этого распределения. Для экспоненциального распределения (EXP) указано среднее время распределения (t_{kj}). Для нормального распределения (NOR) приводится два параметра: среднее значение в числителе (t) и среднее квадратичное отклонение в знаменателе (S). Все времена указаны в миллисекундах. Параметры распределений найдены методом моментов с достоверностью $\beta=0,95$. Табл. 2 также содержит значения векторов начальных распределений $P_{ik}(0)$ и количества использований графа GRZD $_i$ требований (n_i). На рис. 1 представлен обобщенный граф использования процессов пользователями. Здесь отражены переходы от процесса к процессу для разных вероятностей соответствующими видами линий. Переходы, имеющие вероятность $P_{ki} \leq 0,05$ на рис. 1 не отображены. Анализ этого графа показывает, что чем меньше времени ВП занимает j -ый процесс, тем более вероятно выделение ОС Windows этому же процессу следующего кванта времени CPU. Этим объясняются циклы процессов самих на себя. Подтвердилось предположение о том, что ОС Windows95 распределяет ресурсы по механизму удовлетворения запросов вновь созданного процесса или же процесса, который длительное время не обслуживался ОС. Соответственно у системных процессов вероятность переходов оказалась менее 0,05.

Abstract

The author considers semi-Markov models of an operation load on a local area network and functional possibilities of the monitoring system SYSMON.

Литература

1. Ю.П.Зайченко, Ю.В.Гонта, Структурная оптимизация сетей ЭВМ, Киев: Техника, 1986.
2. Е.Ю.Зайченко, Анализ и синтез структуры глобальных вычислительных сетей, Ки-
ЗАО "Укрспецмонтажпроект", 1998.
3. О.М.Демиденко, И.В.Максимей, Проектное моделирование вычислительного про-
цесса в локальных вычислительных сетях, Мн.: Белорусская наука, 2001.
4. О.М.Тихоненко, Теория массового обслуживания, Мн.: ВУЗ-ЮНИТИ БГПА, 1999.

Поступила 20.05.2002