

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ НА ОСНОВЕ ТОПОЛОГИИ «ОБЩАЯ ШИНА»

В. В. Афонин, Ю. И. Братолобов, Д. А. Фролов (Саранск)

Рассматривается и анализируется локальная сеть, функционирующая на предприятии ОАО «Мордовэнерго» в отделе энергосбыта, г. Саранск.

Конфигурация исследуемой сети представлена на рис. 1. Сервер AVTOMAT соединен с серверами AVTOMAT1, AVTOMAT2 и с рабочими станциями, находящимися в сегментах 0, 1, 2, 3. Моделирование исследуемой сети проводилось в системах MATHCAD 2000 и GPSS/PC 2.0.

Характеристики сети следующие:

- 1) скорость передачи данных в моноканале:  $c=10$  Мбит/сек;
- 2) протокол передачи данных ETHERNET IEEE 802.3, на основе алгоритма МДПН/ОС;
- 3) длина пакета  $Q = 545$  октет + 8 октет (размер преамбулы);
- 4) максимальное время распространения сигнала в кабеле (время передачи одного октета):  $\tau = 8,5$  мкс;
- 5) размер кода подтверждения 2 октета;
- 6) размер кода, посылаемого станцией в канал после фиксации столкновения 4 октета;
- 7) параметры серверов приведены в табл. 1;
- 8) время реакции сервера на запрос диалогового абонента  $\eta = 0.5$  сек;
- 9) вероятность искажения информации в кабеле (одного бита)  $P_e = 10^{-5}$ .

**Таблица 1**

### Характеристики серверов

Параметр/сервер	AVTOMAT	AVTOMAT1	AVTOMAT2
Тип ЦП	i486SX33	iP166	i486DX2 66
Быстродействие ЦП, млн. оп/с	25	282	50
Время доступа к НЖМД, мс	8.81	8,38	9,91
Быстродействие НЖМД, Кбайт/с	1250	3133	2505
Вероятность обращения сервера к НЖМД	$P_{HDDA}=0,58$	$P_{HDDA1}=0,04$	$P_{HDDA2}=0,38$
Вероятность выбора сервера рабочей станцией	$P_A=0,79$	$P_{A1}=0,04$	$P_{A2}=0,17$
Вероятность (P) обработки заявки за 1 с	0.9	0.9	0.9

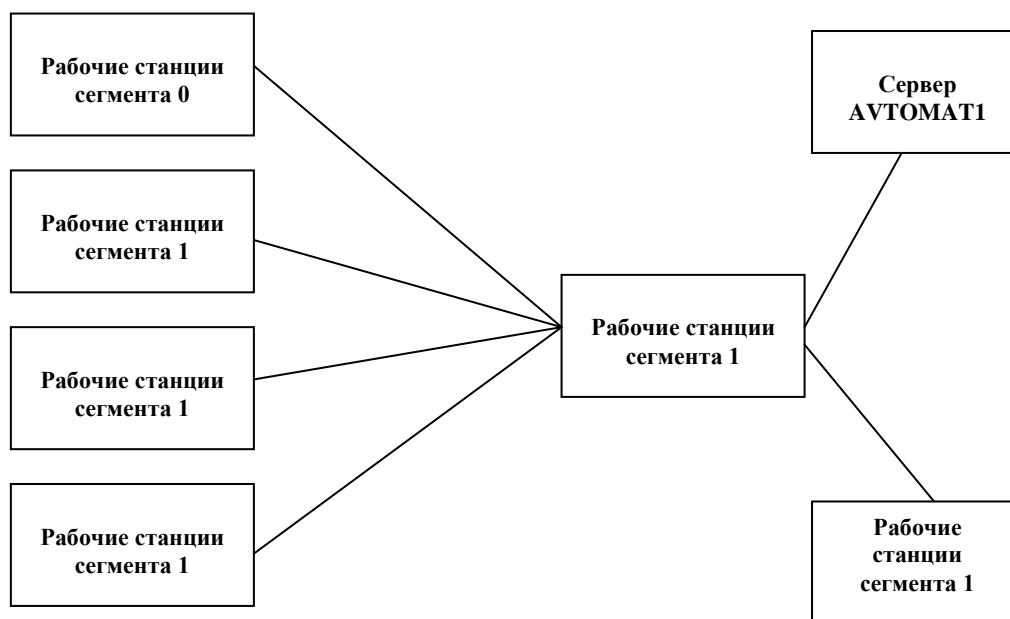


Рис. 1. Конфигурация сети

Приведем алгоритм работы локальной вычислительной сети (ЛВС). Используемый в данной ЛВС протокол МДПН/ОС имеет следующие особенности:

1. контроль несущей: выход на передачу только в случае, если в передающей среде нет энергии, т. е. среда передачи данных свободна;

2. во время передачи – контроль за столкновениями (ситуации, при которых две и более рабочих станций пытаются занять канал передачи данных); при обнаружении столкновения – сброс сообщения и выработка нового порядка выхода на связь.

Эти механизмы доступа реализованы в сети Ethernet (или в стандарте МДПН/ОС) следующим образом. За проверку наличия обмена в передающей среде (в случае сети Ethernet в коаксиальном кабеле) ответственен физический уровень (реализованный аппаратно на сетевой плате), который передает сигнал проверки несущей управлению доступом к среде. Этот уровень также сравнивает сигнал в среде с сигналом, генерируемым при передаче, и выдает сигнал об обнаружении столкновения, если в канале произойдет столкновение (интерференция электромагнитных волн). Для генерирования сигнала проверки несущей служат блоки доступа к каналу приема и доступа к каналу передачи. Оба названных сигнала интерпретируются подуровнем управления доступом к среде уровня канала.

Кроме проверки двух сигналов – обнаружения столкновения и проверки несущей – блоки доступа к каналу передают символы в коаксиальный кабель и принимают их из кабеля. Блок кодирования передаваемых данных физического уровня кодирует символы в двоичные сигналы с помощью манчестерского кода. Единицы передаются положительным переходом сигнала, а нули – отрицательным переходом. Функции кодирования/декодирования манчестерского кода выполняются передающим блоком кодирования и приемным блоком декодирования физического уровня. Эти блоки также генерируют и удаляют 64-разрядные серии, называемые преамбулами, которые предшествуют фактически передаваемому кадру и применяются для синхронизации. Данные по локальной сети передаются в виде кадров, которые содержат дополнительно к данным, поступающим от вышестоящих уровней, еще адрес и поле проверки ошибок. Формат кадра сети Ethernet показан в таблице 2.

Таблица 2

## Формат кадра в сети ETHERNET

Преамбула	Адрес получателя	Адрес источника	Тип	Данные	КПК
8 октет	6 октет	6 октет	2 октеты	46-1500 октет	4 октеты

Максимальная длина кадра составляет 1518 октет + 8 октет преамбула. Первые 12 октет несут адреса пункта назначения и источника. Поле типа (2 октета) резервируется для вышестоящих уровней; протоколом Ethernet они не интерпретируются. Для обнаружения ошибок в конце кадра применяется проверочная последовательность кадра ППК (4 октета). Указание об обнаружении ошибки в символах передается для принятия мер на подуровне логического управления каналом или на вышестоящие уровни. Т. к. кадры имеют разную длину, то средний размер кадра в сети будет меньше максимально возможного. В данном случае длина кадра составляет 545 + 8 октет.

Функции формирования кадров, адресования и обнаружения ошибок выполняются подуровнем управления доступом к среде сетевыми платами. Этот подуровень реагирует также на сигналы проверки несущей и обнаружения столкновений, генерируемых блоками доступа к каналу на физическом уровне.

Передача кадра состоит из следующих фаз.

Подготовка кадра к передаче (фаза 0), прослушивание канала для проверки его доступности к передаче кадра. С вероятностью  $P_3$  канал оказывается занятым. Тогда происходит обработка этой ситуации (фаза 1) – ожидание окончания передачи кадра в сети – случайное время, распределенное равномерно на интервале  $[0,63] \tau$  – максимальное время распространения сигнала в кабеле (в данном случае это время передачи одного байта информации).

По истечению указанного времени станция повторяет попытку передачи кадра и с вероятностью  $(1-P_3)$  находит его не занятым. Станция начинает передачу кадра с передачи в кабель преамбулы, при которой с вероятностью  $P_{ст}$  может произойти столкновение. Фаза 3 моделирует задержку, связанную с фиксацией столкновения, затраты на которую соответствуют времени передачи первых двух байтов кадра. Каждая терминальная станция, зафиксировавшая столкновение, осуществляет его форсирование, посылая в канал 4 байта информации (фаза 9), после чего межкадровый интервал величиной  $\tau$ , в течение которого ни одна терминальная станция не может начать передачу (фаза 4), а затем реализует отсрочку повторной передачи (фаза 2). С вероятностью  $(1-P_{ст})$  столкновения не происходит и осуществляется процесс передачи кадра (фаза 5) и получения подтверждения о приеме (фаза 6). Фаза 7 моделирует межкадровый интервал. С вероятностью  $P_{ош}$  происходит искажение информации в результате воздействия помех. В этом случае терминальная станция осуществляет обработку данной ситуации (фаза 8) и пытается передать кадр еще раз. С вероятностью  $(1-P_{ош})$  передача кадра успешно заканчивается и терминальная станция готова принять от прикладного процесса очередную порцию информации. Таким образом, описанные фазы выполняют следующие действия (резюме): если среда передачи данных свободна, передается преамбула, если во время ее передачи было зарегистрировано столкновение, то в канал выталкивается «заглушка», произвольный набор бит, длина которого (4 октета) меньше длины самого короткого кадра. Затем станция выжидает некоторое время, определяемое случайным образом из интервала  $[0..63] \cdot \tau$  и делает попытку повторной передачи. Длительность межкадрового интервала  $\tau$  позволяет опознать паузу между всеми станциями. Все

остальное время станция прослушивает канал и записывает в свой буфер все кадры, которые передаются по сети. Записанная информация немедленно анализируется, и если это «заглушка», либо слишком длинный кадр, либо ошибочный или просто адресованный другой станции кадр, то он сбрасывается. В противном случае кадр передается на обработку на более высокий уровень архитектуры связи (например, процессор). Каждой фазе МДПН/ОС соответствует задержка, связанная с прохождением кадра в сети. Это позволяет представить сеть рассматриваемой топологии в виде сети массового обслуживания. Схема сети массового обслуживания будет представлена во время доклада.

На основе метода декомпозиции и баланса потоков, составлялась система нелинейных уравнений для нахождения неизвестных значений потоков сообщений, поступающих в устройства. Описанный алгоритм работы метода МДПН/ОС, представление ЛВС в виде сети массового обслуживания позволяет применить для моделирования практически любой пакет компьютерной математики. Для аналитического моделирования в данном случае выбран пакет символьной математики MATHCAD 2000. Решая систему нелинейных уравнений, получим значения неизвестных интенсивностей потоков в сек<sup>-1</sup> и вероятности занятости канала и вероятности события столкновения в канале передачи данных, как в сегменте рабочих станций, так и в сегменте доступа к серверу АВТОМАТ1 и АВТОМАТ2. Отметим, что вероятность столкновения составляет тысячные и десятитысячные доли процента, что является очень хорошим результатом для сети с методом доступа МДПН/ОС и хорошо согласуется с данными, полученные мониторингом работающей сети.

Зная алгоритм метода МДПН/ОС, структурную схему ЛВС, представленной в виде сети массового обслуживания, а также параметры каждого устройства этой сети, можно составить блок-схему работы программы имитационного моделирования. В качестве инструмента реализации в данном случае применялся язык имитационного моделирования системы GPSS/PC 2.0. Полный текст программы содержит 2176 строк и будет показан во время доклада.

Результаты имитационного моделирования, проведенного в пакете GPSS/PC, практически совпадают с результатами, полученными при аналитическом моделировании с помощью пакета MATHCAD.

В заключение отметим, что производился режим пиковой нагрузки, когда поток заявок на сервер увеличивался, например, в 10 раз. Пиковая нагрузка является кратковременной, поэтому результаты моделирования пиковой нагрузки являются очень специфичными и незначительно влияют на общие характеристики сети, хотя эти результаты отражают динамические свойства реально эксплуатирующейся ЛВС.

Сравнивая результаты моделирования проектируемой сети после применения различных протоколов передачи данных, различных топологий, можно подобрать конфигурацию сети с наиболее желаемыми характеристиками.

Возможные небольшие отклонения от результатов, полученные с помощью программ-мониторов работы сети, объясняются вероятностным характером запросов абонентов по времени и размеры запрашиваемых данных, функциям файл-серверов. В данном случае было допущено, что файл-сервер выполняет учетные функции. Хотя во многих других случаях нельзя однозначно ответить, какие операции с данными производятся на серверах. Это зависит от задач, возлагаемых на сервер. Отклонения от результатов моделирования могут возникнуть даже в зависимости от времени снятия информации с датчиков: в «часы пик» нагрузка может возрасти в десятки раз, а в конце рабочего дня – сократиться.