

УДК 007, 681.324

*А.В. Благодаров, А.Н. Пылькин, Д.М. Скуднев***МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СЕТИ ETHERNET**

*Рассмотрены принципы моделирования работы локальных сетей Ethernet. Для представления отдельных устройств сети предложено использовать понятие «блок», представляющее собой модификацию понятия «агрегат», предложенного Н.П. Бусленко. Приведены модели различных устройств сетей, а также примеры моделей локальных сетей в целом.*

**Введение.** При разработке локальных вычислительных сетей возникает потребность выбора оптимальной с точки зрения цены/качества структуры сети, обеспечивающей заданную производительность. При этом необходимо уметь оценить производительность проектируемой сети. Для этого целесообразно построить модель работы сети, обеспечивающую оценку производительности будущей сети. Отметим, что на практике наиболее часто приходится проектировать сети типа Ethernet.

Вопросы моделирования локальных сетей ЭВМ исследованы во многих работах, например в [1, 2]. При этом одним из основных методов анализа и оценки сетей ЭВМ является агрегативный подход к моделированию сложных систем Н.П. Бусленко [2]. Суть подхода заключается в том, что каждое устройство сети представляется отдельным агрегатом, для которого строится своя внутренняя модель. Между агрегатами устанавливаются связи. В [3] подобный подход при имитационном моделировании сложных систем называется А-схемами.

Однако данный метод не позволяет описывать в виде А-схем двунаправленные связи между агрегатами. Это затрудняет применение метода для моделирования локальных сетей типа Ethernet, в которых необходимо учитывать ситуации с возникновением коллизий. Кроме того, данный метод не учитывает возможностей современных методов программирования, включая объектно-ориентированный подход и распараллеливание выполнения задач.

С целью расширения возможностей агрегативного подхода Н.П. Бусленко и устранения его недостатков предлагается так называемый блоковый подход, суть которого изложена далее.

**Теоретические и экспериментальные исследования.** Предполагается, что агрегат имеет один вход и один выход (рисунок 1), что для большинства моделей устройств локальных вы-

числительных сетей (ЛВС) неверно для их описания. Поэтому понятие «агрегат» трактуется в более широком смысле и заменяется понятием «блок». Таким образом, *блоком* будем называть композицию из  $n$  агрегатов (например, двух). Каждый из агрегатов имеет вывод – интерфейс, через который происходит прием/передача информационных потоков. В пределах одного блока между агрегатами возможен внутренний поток данных.

**Рисунок 1**

Другими словами, блок – это объект, обладающий множеством внешних выводов и алгоритмом преобразования входных данных в выходные. Внешними называются выводы, связывающие блок с другими блоками, не входящими в состав данного блока. Входными называются данные, получаемые блоком через его внешние выводы, а выходными – данные, выставяемые блоком на его внешние выводы [4].

При рассмотрении блока в таком виде (рисунок 2) заметим, что связи, через которые происходит информационный обмен, однонаправленные. Применительно к оборудованию локальной сети, в общем, можно утверждать, что в зависимости от информационного потока вход может меняться на выход и наоборот. Следовательно, можно трансформировать связи в двунаправленные (рисунок 3). Такие двунаправленные связи также удобно использовать при программной реализации компонентов локальной сети Ethernet, в которой имеется возможность не только передавать кадры между элементами сети, но и осуществлять регистрацию служебных сообщений - коллизия, занятость канала и др. Двунаправленные связи будем называть контак-

том. Контакт хранит идентифицирующий его номер, а также указатель на другой контакт. О контакте можно узнать следующую информацию:

- с каким другим контактом он связан;
- каким значением обладает;
- каким номером помечается.

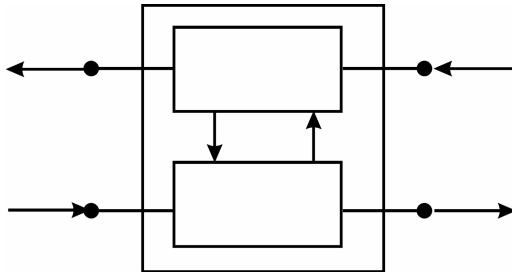


Рисунок 2



Рисунок 3

Вся работа блоков с контактами происходит через выходы. Вывод – некий объект, хранящий некоторое действительное значение и обеспечивающий следующие дополнительные действия:

- установка связи с другим контактом, (настройка указателя на заданный контакт);
- проверка целостности связи с другим контактом;
- отвержение поврежденной связи;
- установка значения выхода;
- получение значения;
- присвоение идентифицирующего номера.

В результате анализа устройств, входящих в состав локальных сетей Ethernet, был выявлен ряд видов устройств, для каждого из которых разработан свой блок. Таким образом, имитационная модель сети Ethernet может быть представлена в виде совокупности следующих блоков:

- сетевые адаптеры;
- повторители;
- коммутаторы;
- канал связи.

При этом, выделенная совокупность элементов локальной вычислительной сети позволяет производить анализ производительности практически любой конфигурации сети Ethernet [5].

*Сетевой адаптер* в виде блока можно представить как блок с одной двунаправленной связью, через которую он отправляет/принимает кадры (рисунок 4). Рабочая станция (сетевой

адаптер) является источником/потребителем заявок с определенной интенсивностью [1, 6].

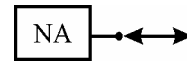


Рисунок 4

Рабочая станция фиксирует статистику отправленных и принятых кадров, фиксирует коллизии, а при поступлении кадра определяет, какому узлу адресован кадр. Таким образом, для рабочей станции полученный или отправленный кадр всегда представляет собой не просто набор бит, а совокупность полей данных (адрес источника, адрес приемника и др.). Математическую модель сетевой карты можно представить в виде замкнутой системы массового обслуживания.

*Канал связи* – это среда передачи, в которой проходят кадры и случаются коллизии. Таким образом, эта сущность имитационно воспроизводит процессы, происходящие в домене коллизий. Физически это может быть совокупность кабелей, концентраторов и повторителей. Принципиального различия при расчетах не существует, так как эти элементы находятся в одном домене коллизий и их число только увеличивает задержку прохождения сигнала. Для этого типа сетевого узла кадр представляет собой просто сигнал (набор бит). Функцией канала связи является простая передача поступившего с какого-то вывода кадра на все его (канала) остальные выходы. В реальной сети канал связи не в состоянии выявить коллизию и отреагировать на нее. Однако коллизии возникают именно в каналах связи. Поэтому в модели канал связи должен также фиксировать коллизию, то есть ситуацию, когда две или более станций одновременно пытаются передать кадр данных по общей среде. В этом случае узел, моделирующий канал связи, должен зафиксировать коллизию, передав другим узлам информацию о том, что возникла коллизия.

В виде блока канал связи можно представить как устройство, имеющее две двунаправленные связи для соединения устройств между собой (рисунок 5).

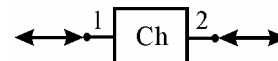


Рисунок 5

К устройствам, не имеющим буферной памяти и позволяющим принимать сигнал на одном из портов и повторять на его всех других портах без предварительного анализа, относят повторители, многопортовые повторители и хабы.

*Повторитель* представляет собой сетевое устройство, предназначенное для преодоления

топологических ограничений сети. В его функции входит переотправка пришедшего на один из его входов кадра на все остальные входы. В повторителе могут возникать коллизии.

Повторитель в виде блока можно представить как устройство с количеством входов/выходов  $m$ , где  $m$  – количество коммутационных портов на устройстве (рисунок 6).

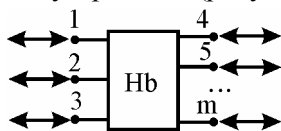


Рисунок 6

Так как повторитель не является устройством, сегментирующим сеть, а лишь только транслирует кадры, усиливая сигнал, то коллизии распространяются по всем портам устройства в пределах одного домена коллизий. Коллизии могут возникать как в повторителе, так и в канале связи. Поэтому наиболее целесообразно для рассмотрения аналитической модели включить повторитель в канал связи и построить обобщенную модель в рамках одного домена коллизий.

*Коммутатор* – это устройство сети, которое является разделителем доменов коллизий. Это означает, что коллизии, возникшие в одном сегменте сети, никогда не перейдут в сегмент, отделенный мостом. Поэтому основной функцией коммутатора является способность отсеивать коллизии. Коммутатор не относится к таким сетевым узлам, в которых могут возникать коллизии. С каждым входом коммутатора связана очередь поступающих на него кадров. Каждый пришедший кадр помещается в конец очереди. Очередь имеет конечную длину, и при её наполнении следующий пришедший кадр получает отказ в обслуживании коммутатором. Коммутатор содержит таблицу MAC-адресов, в которой содержатся MAC-адреса узлов и номера сегментов сети, которым они принадлежат. В виде блока коммутатор внешне абсолютно идентичен повторителю, имеет количество связей, равное количеству коммутационных портов устройства (рисунок 7).

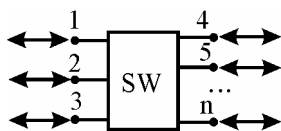


Рисунок 7

Для всех блоков, входящих в состав сети Ethernet, разработаны алгоритмы функционирования, которые в обобщенной модели позволяют провести (реализовать) имитационное модели-

рование элементов, входящих в исследуемую конфигурацию ЛВС, практически любой сложности [2].

В блоковой реализации возможно представить локальную сеть любой сложности, от самой простейшей – непосредственное соединение двух компьютеров между собой (рисунок 8 – схематичное изображение, рисунок 9 – его реализация в блоковом представлении), до сети масштаба предприятия.

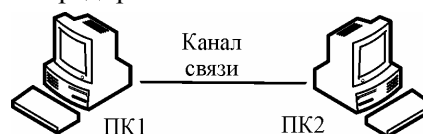


Рисунок 8

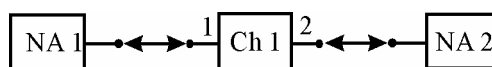


Рисунок 9

Так как компьютеры, входящие в состав локальной сети, объединяются какими-то устройствами (ранее выявлено, что повторителями и коммутаторами), то усложнив предыдущую схему, увеличив число компьютеров до 5 (рисунок 10), добавим новый блок – коммутатор. Отображение в блоковой реализации представлено на рисунке 11.

Подобное визуальное отображение модели будет и в том случае, если модифицировать сеть и вместо коммутатора установить повторитель. Более сложная структура, включающая все разработанные блоки, представлена на рисунках 12,13.

В соответствии с выявленными блоками разработаны их алгоритмические модели. При этом каждый блок представляется отдельным классом языка C++; совокупность классов объединена в библиотеку. На базе библиотеки классов разработан пакет программ для моделирования работы сетей ЭВМ [4]. Пользователю предоставляется возможность визуального задания структуры, топологии локальной сети, параметров ее узлов. Интуитивно понятный интерфейс позволяет выполнить моделирование процесса функционирования сети даже неподготовленному пользователю.

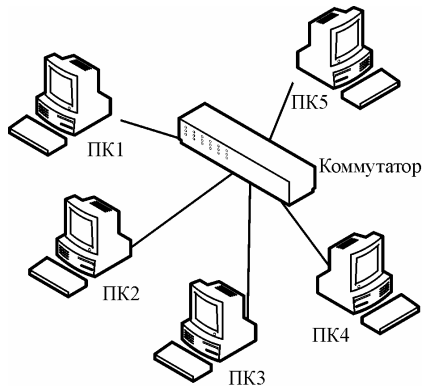


Рисунок 10

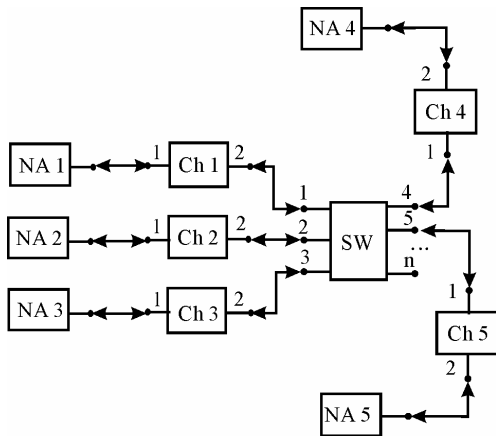


Рисунок 11

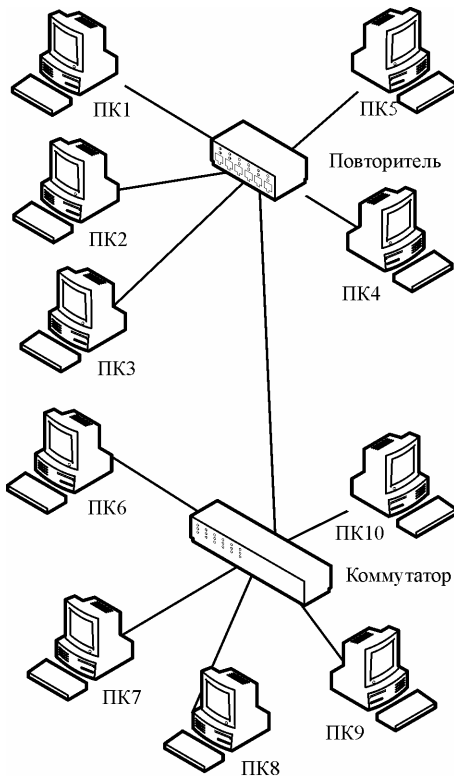


Рисунок 12

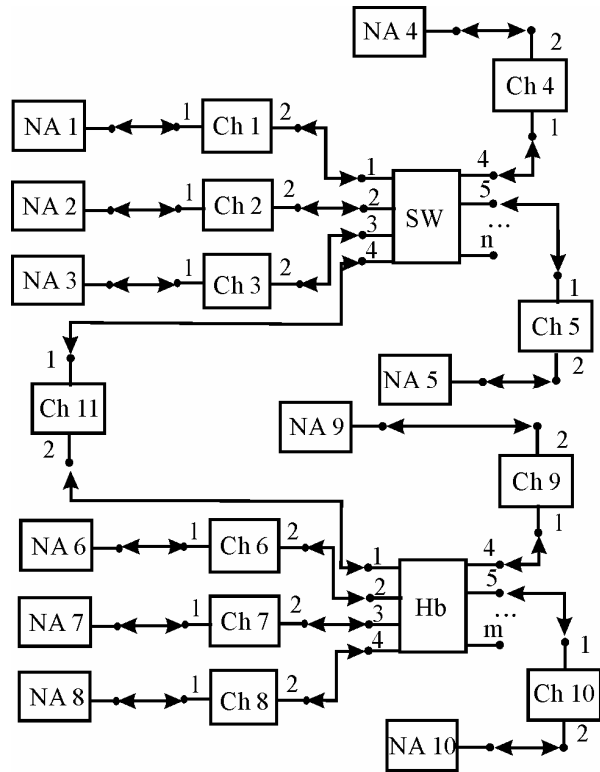


Рисунок 13

**Выводы.** Введено понятие «блок», являющееся модификацией понятия «агрегат», используемого Н.П. Бусленко при описании сложных систем. Основным отличием блока от агрегата является использование двухсторонних связей, что позволяет легко применять А-схемы для моделирования процессов функционирования локальных сетей типа Ethernet.

Проанализированы аппаратные средства

локальной сети Ethernet, выявлены сходные и отличительные свойства различных устройств сети. Анализ основных устройств, определяющих структуру сети Ethernet, показал, что в число основных элементов имитационной модели целесообразно включить следующие виды элементов: канал связи, сетевой адаптер, повторитель, коммутатор.

Для каждого выявленного вида элементов локальной сети Ethernet был разработан и описан отдельный блок. В рамках блоковой модели представлены модели локальных сетей Ethernet различной конфигурации.

#### Библиографический список

1. Абросимов Л.И. Методология анализа вероятностно-временных характеристик вычислительных сетей на основе аналитического моделирования: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. М.: МЭИ, 1996. 438 с.
2. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1968. 399 с.

3. *Советов Б.Я., Яковлев С.А.* Моделирование систем: учеб. для вузов. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Высшая школа., 2001. 399 с.

4. *Благодаров А.В., Пылькин А.Н., Скуднев Д.М.* Выбор основных блоков локальной сети Ethernet и их алгоритмы для программной реализации // Математическое и программное обеспечение информационных

систем: межвуз. сб. науч. тр. / под ред. А.Н. Пыльки-на. М.: Горячая линия - Телеком, 2007. С.13-20.

5. *Олифер В.Г., Олифер Н.А.* Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: Учеб. для вузов 2-е изд. СПб.: Питер, 2005. 863 с.

6. <http://network-journal.mpei.ac.ru>