

## ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОТЛАДКИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ СЕТЯМИ С ГЕТЕРОГЕННЫМ ТРАФИКОМ

### SOFTWARE DEBUGGING TOOLS FOR CONTROL SYSTEMS OF CORPORATE NETWORKS WITH THE HETEROGENEOUS TRAFFIC

*Леохин Юрий Львович / Leokhin Yu. L.,*

*д.т.н., профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет) / Doctor of Technical Science, Professor of Moscow State Institute of Electronics and Mathematics (Technical University), leo@miem.edu.ru*

*Саксонов Евгений Александрович / Saksonov Ev.A.,*

*д.т.н., профессор Московского государственного института электроники и математики (технический университет) / Doctor of Technical Science, Professor of Moscow State Institute of Electronics and Mathematics (Technical University), saksmiem@mail.ru*

#### **Аннотация**

Рассмотрены основные классы трафика в мультисервисных корпоративных сетях, представлены модели QoS, предложена архитектура аппаратно-программных средств отладки, описаны состав и функции основных блоков аппаратно-программных средств, представлен алгоритм функционирования средств отладки.

#### **Annotation**

The basic classes of the traffic in multiservice corporate networks are considered, QoS models are presented, the architecture of hardware-software debugging means, structure and functions of main modules of hardware-software means are described, the algorithm of functioning of debugging means is presented.

**Ключевые слова:** мультисервисная корпоративная сеть, классы трафика, модели QoS, дифференцированный сервис, интегрированный сервис, аппаратно-программные средства отладки, QoS узла.

**Keywords:** multiservice corporate network, classes of the traffic, QoS models, the differentiated service, the integrated service, hardware-software debugging means, node QoS.

#### **Введение**

Современная корпоративная сеть – не просто сеть передачи данных, это сложный комплекс, передающий и обслуживающий гетерогенный трафик, способный предоставлять различные сервисы с предсказуемыми характеристиками. Чем критичнее бизнес-процессы, поддержку которых обеспечивает корпоративная сеть, тем более жесткие требования предъявляются к качеству обслуживания (QoS – Quality of Service). В настоящее время постоянно растущие требования корпоративных пользователей и корпоративных приложений к пропускной способности сети привели к появлению новых высокоскоростных технологий и новых механизмов качества обслуживания, учитывающих различные характеристики трафика: относительную скорость передачи данных и чувствительность к задержкам, потерям и искажением пакетов.

#### **1. Классы трафика**

Одной из важнейших характеристик современных корпоративных сетей является мультисервисность, которая предполагает передачу сетью всех видов трафика: от традиционного для компьютерных сетей трафика приложений до ви-

деотрафика, трафика голосовых приложений и т.д. Различные типы трафика предъявляют разные требования к параметрам качества обслуживания. В настоящее время используется следующая система классификации трафика [1, 2, 3], представленная на рис.1.

Наиболее детальной является классификация АТМ [2, 4, 5,], которая лежит в основе типовых требований к параметрам и механизмам обеспечения качества обслуживания в современных корпоративных сетях (таблица 1).

С другой стороны, известны классификации трафика различными фирмами-производителями коммуникационного оборудования. Так,

например, Cisco специфицировала маркировку и правила обработки до 11 классов сервиса в корпоративных сетях. Важно отметить, что Cisco не диктуют каждому корпоративному клиенту немедленно внедрить 11 классов трафика, а скорее учитывают существующие и будущие потребности в поддержке QoS. Даже если корпоративному клиенту сейчас нужна только часть из этих 11 классов, то следование рекомендациям Cisco позволит им в будущем плавно мигрировать на расширение количества поддерживаемых классов в будущем. На рис. 2 приведен пример классификации трафика и рекомендации по распределению пропускной способности канала [6, 7].

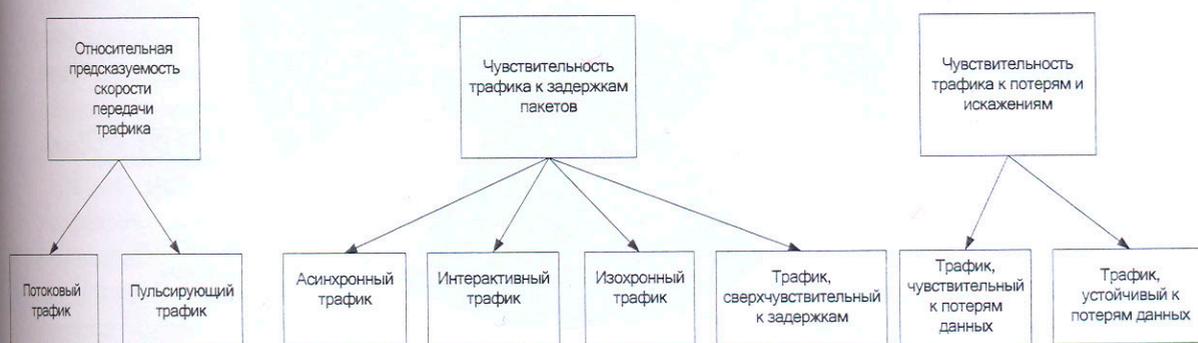


Рис. 1. Схема классификации трафика

Таблица 1

### Классификация трафика АТМ

Класс трафика	Характеристика
А	Постоянная битовая скорость, чувствительность к задержкам, передача с установлением соединения. Параметры QoS: пиковая скорость передачи данных, задержка, джиттер. Пример трафика: голосовой трафик, трафик телевизионного изображения.
В	Переменная битовая скорость, чувствительность к задержкам, передача с установлением соединения. Параметры QoS: пиковая скорость передачи данных, пульсация, средняя скорость передачи данных, задержка, джиттер. Пример трафика: компрессионный голос, компрессионное видеоизображение.
С	Переменная битовая скорость, эластичность, передача с установлением соединения. Параметры QoS: пиковая скорость передачи данных, пульсация, средняя скорость передачи данных. Пример трафика: трафик компьютерных сетей с использованием протоколов FR, X.25, TCP.

L	Переменная битовая скорость, эластичность, передача без установления соединения. Параметры QoS не определены. Пример трафика: трафик компьютерных сетей с использованием протоколов IP/UDP, Ethernet.
X	Тип трафика и его параметры определяются пользователем.

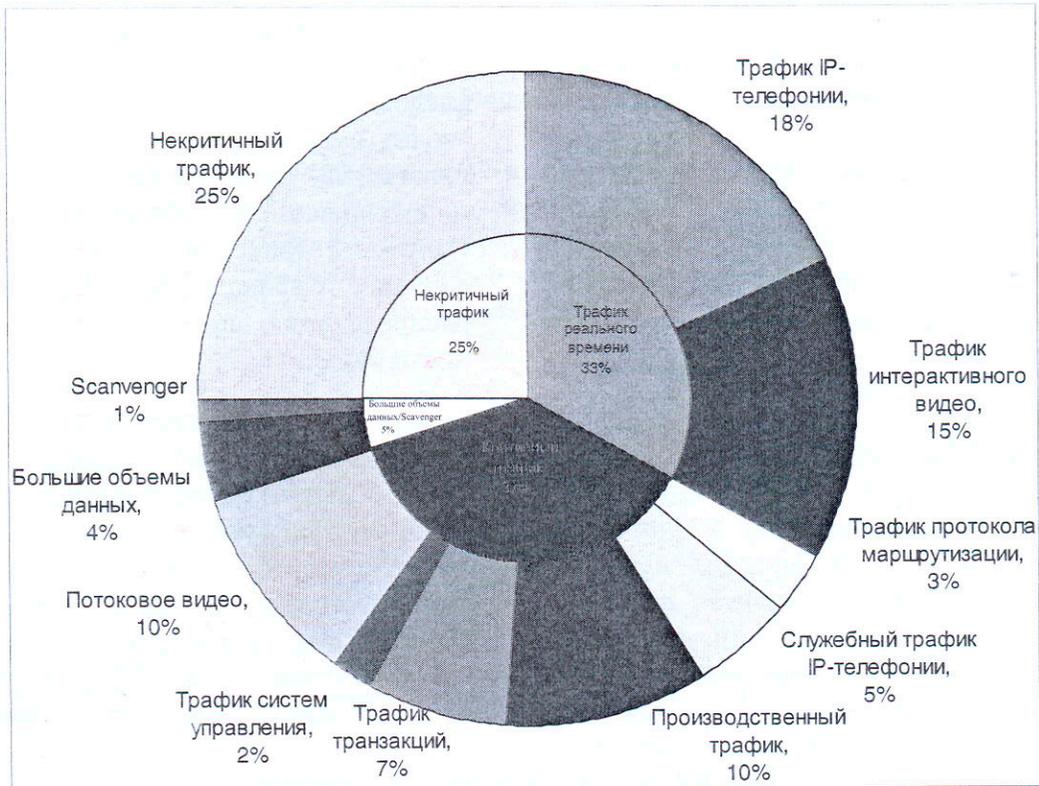


Рис. 2. Классификация трафика и рекомендации по распределению пропускной способности канала

Несмотря на наличие инструментальных средств, например, Cisco AutoQoS, используемого для упрощения и ускорения внедрения комплексных моделей QoS в корпоративных сетях, в настоящее время немногие предприятия используют большое количество классов трафика. Как правило, используется не более четырех основных классов трафика [8]:

- критичный – трафик критически важных приложений;
- транзакционный/интерактивный – трафик клиент-серверных приложений;
- объемный – трафик приложений, передающих большие

объемы данных: передача больших файлов, синхронизация и репликация баз данных;

- не критичный – класс по умолчанию для всего не назначенного трафика (как минимум отводится 25 % полосы пропускания канала).

От того, какая модель службы обеспечения качества реализуется в корпоративной сети, зависит и качество обслуживания различных классов трафика. Рассмотрим модели службы обеспечения качества и сервисов QoS.

## 2. Общая модель службы обеспечения качества обслуживания

Для корпоративных сетей обеспечение качества предоставления услуг (мультисервисность) является важнейшей характеристикой сети [3, 8, 9, 10]. Качество предоставления услуг напрямую зависит от качества обслуживания трафика различных приложений. Модель службы QoS, которая обеспечивает решения данных задач, представлена на рис. 3.

К функциям QoS узла относятся классификация, кондиционирование трафика, управление очередями, предупреждение перегрузок, сигнализация. При конфигурировании узлов осуществляется выбор механизмов, и задаются соответствующие параметры механизмов: для механизмов управления перегрузками задаются пороги сброса, для механизмов управления очередями - длины и веса очередей, для механизмов кондиционирования - максимальная скорость и максимальный всплеск. Состояние узла характеризуется мгновенными, средними или прогнозируемыми длинами очередей. Узел определяет состояние перегрузки на основе своих свободных ресурсов

или на основе обратной связи. По обратной связи узлу могут сообщаться измеренные параметры QoS: задержка пакета, доля потерянных пакетов. Важными задачами являются выбор механизмов и настройка параметров механизмов узла по результатам измерений, тестирования или моделирования, а также задача маршрутизации с учетом свободных ресурсов узла.

Управление включает:

- контроль наблюдаемых параметров;
- управление объектами;
- управление показателями QoS.

Контроль наблюдаемых параметров включает измерение параметров сервиса, тестирование и мониторинг сетевых элементов и сети в целом.

Управление объектами включает конфигурирование и управление на основе правил.

Управление показателями QoS включает построение показателей QoS и воздействие на средства QoS.



Рис. 3. Общая модель службы QoS

Локальные действия на узлы – это резервирование ресурсов и установление размера окна передачи. Действия на приложения – это перераспределение ресурсов и приоритетов или предоставление услуги с более низким качеством. Механизмы управления QoS реализуются в программном обеспечении (ПО) системы управления сетью, а также в ПО специализированных устройств мониторинга трафика и управления пропускной способностью. Показатели QoS отражают требования к сервису QoS и определяются по результатам измерений, тестирования и мониторинга. Показатели QoS – это количественные характеристики, выраженные в виде числовых и интервальных оценок, коэффициентов или функциональных зависимостей от времени или других параметров. Показатели QoS характеризуют предсказуемое и изменчивое поведение мультисервисной сети, предоставляющей различные услуги. Для построения показателей QoS и управления ими используется математический аппарат статистической обработки измерительной информации, анализа временных рядов, теории массового обслуживания и теории телетрафика [11, 12, 13]. Использование математического аппарата предполагает использование соответствующих математических моделей для оценки и прогноза поведения корпоративной сети на этапах проектирования, инсталляции и эксплуатации [14, 15, 16]. Важными задачами являются задача построения показателей QoS, задача распределения ресурсов и приоритетов.

Задачей блока резервирования ресурсов является предоставление узлам возможности обмена служебной информацией для координации усилий по обеспечению параметров

качества обслуживания на всем пути следования потока – «из-конца-в-конец». Инициировать механизм резервирования ресурсов может не только конечный узел, но и промежуточное коммуникационное устройство. Т.е. резервирование ресурсов возможно не только «из-конца-в-конец», но и на определенных участках маршрутов трафика, например, в пределах сети провайдера.

### 3. Модели сервисов QoS

Протоколы и механизмы поддержки качества обслуживания делятся на два класса [2, 3, 8, 9, 10]:

1. Протоколы поддержки дифференцированного обслуживания (Differentiated Service – DiffServ). Сервис DiffServ предполагает разделение трафика на классы на основе требований к качеству обслуживания. Каждый класс трафика дифференцируется и обрабатывается сетью в соответствии с заданными для этого класса механизмами QoS. Дифференцированное обслуживание не предполагает обеспечения гарантий предоставляемых услуг. Поэтому дифференцированное обслуживание называют мягким QoS (soft QoS). В основе модели сервиса DiffServ лежит общая модель службы QoS. Данная модель представлена на рис. 4.

2. Протоколы поддержки гарантированного обслуживания (guaranteed service) резервируют сетевые ресурсы для удовлетворения требований к обслуживанию со стороны потоков трафика. В соответствии с гарантированным обслуживанием выполняется предварительное резервирование сетевых ресурсов по всей траектории движения трафика. Гарантированное обслуживание называют еще жестким QoS (hard QoS) в связи с предъявлением строгих требований к ресурсам сети.



Рис. 4. Модель сервиса DiffServ

Протоколы этого класса разрабатывались рабочей группой проектирования Internet (Internet Engineering Task Force – IETF) по интегрированным сервисам – Integrated Services Working Group (IntServ). Модель сервиса IntServ (рис. 5) предполагает интегрированное взаимодействие всех узлов сети по обеспечению требуемого качества обслуживания вдоль всего маршрута потока.

В основе моделей сервисов IntServ и DifServ лежит одна и та же общая модель QoS. Отличие заключается в следующем [10, 17]:

- DiffServ не резервирует ресурсов сетевых узлов. IP-пакеты переносят коды, которые интерпретируются узлами QoS для приоритетного или взвешенного обслуживания каждого потока.

- IntServ применяются к потокам трафика (микротокам).

Реализация интегрированного обслуживания повышает требования к ресурсному обеспечению узлов QoS (требуется хранить большой объем информации по каждому микротоку). Основным недостатком IntServ – низкая масштабируемость. Поэтому область применения ограничена внутренними и оконечными сетями.

- DiffServ применяются к агрегированным потокам трафика – к классам трафика. Это значительно уменьшает объем информации по агрегированным потокам в узлах QoS. Достоинство DiffServ – относительная простота реализации и высокая масштабируемость. Область применения данного сервиса – на магистральных и высокоскоростных участках корпоративных сетей.



Рис. 5. Модель сервиса IntServ

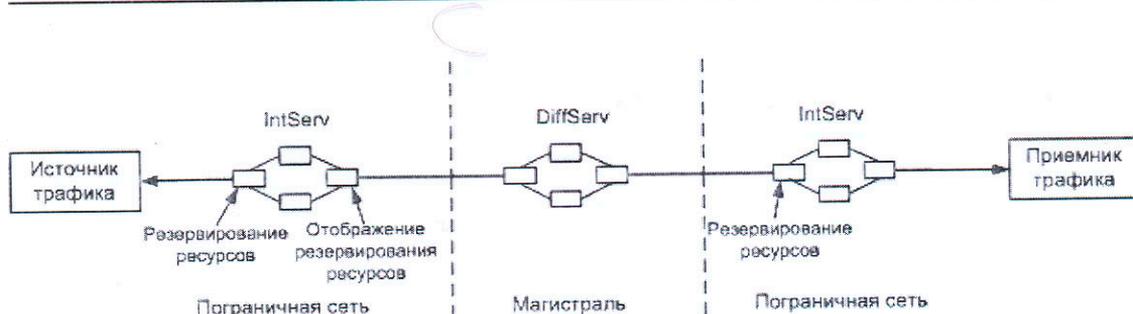


Рис. 6. Интеграция сервисов IntServ и DiffServ

Наиболее оптимальное решение по использованию этих классов сервисов – организация взаимодействия IntServ и DiffServ для предоставления услуг «из-конца-в-конец» (рис. 6) [8, 10, 17].

#### 4. Аппаратно-программная система отладки программного обеспечения систем управления корпоративными сетями

Как показывает анализ моделей IntServ и DiffServ общими важными элементами являются механизмы обслуживания очередей. Поэтому правильный выбор и настройка алгоритмов обслуживания очередей, оценка возможной длины очередей в узлах коммутации и маршрутизации позволит также оценить параметры качества обслуживания при известных характеристиках трафика. Поведение очередей представляет собой вероятностный процесс, на который влияет много факторов, особенно при сложных алгоритмах обработки очередей, использующих приоритеты или взвешенное обслуживание разных потоков. Известные модели массового обслуживания [11, 12, 18] позволяют дать количественную оценку только для простых ситуаций, не соответствующих реальным условиям работы корпоративной сети. Поэтому эффективное решение этой задачи возможно методом имитационного моделирования алгоритмов обслуживания очередей с целью оценки сложности реализуемого алгоритма, определения его эффективности.

Для отладки программного обеспечения систем управления и

выбора и настройки алгоритмов обслуживания очередей в узлах коммутации и маршрутизации с учетом временных параметров трафика предлагается архитектура аппаратно-программной системы отладки и состав программного обеспечения систем управления корпоративными сетями (рис. 6). Данная система позволяет регистрировать, вычислять и настраивать следующие параметры: время поступления пакета в узел, время трансляции пакета узлом в сеть, время задержки пакета в узле, изменение задержки, количество потерянных пакетов, изменение длин очередей и их текущих значений.

Предлагаемая структура аппаратно-программной системы отладки реализует метод отладки управляющих программ, использующий режим функционирования программ управления в псевдореальном масштабе времени (стартстопный метод). В качестве метода имитации узлов коммутации и маршрутизации используется информационно-подобный метод, дающий значительный выигрыш в используемых ресурсах средств отладки.

#### 4.1. Архитектура системы отладки

Архитектура системы представлена на рис.6. В состав системы входят следующие компоненты:

- компьютер разработчика;
- имитатор сетевого узла;
- ловушка событий;
- синхронизатор процессов имитации;

- ПО системы отладки.

В основу реализации архитектуры системы отладки и испытания положен принцип, использующий стартстопный режим и дополнительные аппаратно-программные средства моделирования сетевого узла, управляемые компьютером разработчика, в среде операционной системы которого функционирует отлаживаемое ПО (ОПО) системы управления корпоративной сетью.

В отличие от известных методов реализации отладки управляющих программ на завершающихся этапах [19, 20] преимущество предлагаемого заключается в том, что за счет введения аппаратно-программной имитации сетевого узла и средств сопряжения сокращается объем программного обеспечения системы отладки. Это позволяет ис-

пользовать стартстопный режим в резидентных средствах отладки. Введение аппаратно-программной имитации минимизирует также влияние средств отладки на функционирование отлаживаемого ПО. Искажения реального времени, связанные с прерываниями отлаживаемого ПО для выполнения программ моделирования и обработки результатов, в каждом конкретном случае могут быть точно вычислены. Появляется также возможность реализации смешанного моделирования, когда часть моделируемых устройств заменяется реальными, работающими в различных режимах обмена информацией.

Для моделирования сетевого узла выбран информационно-подобный способ имитации, обеспечивающий значительный выигрыш в используемых ресурсах [21, 22].

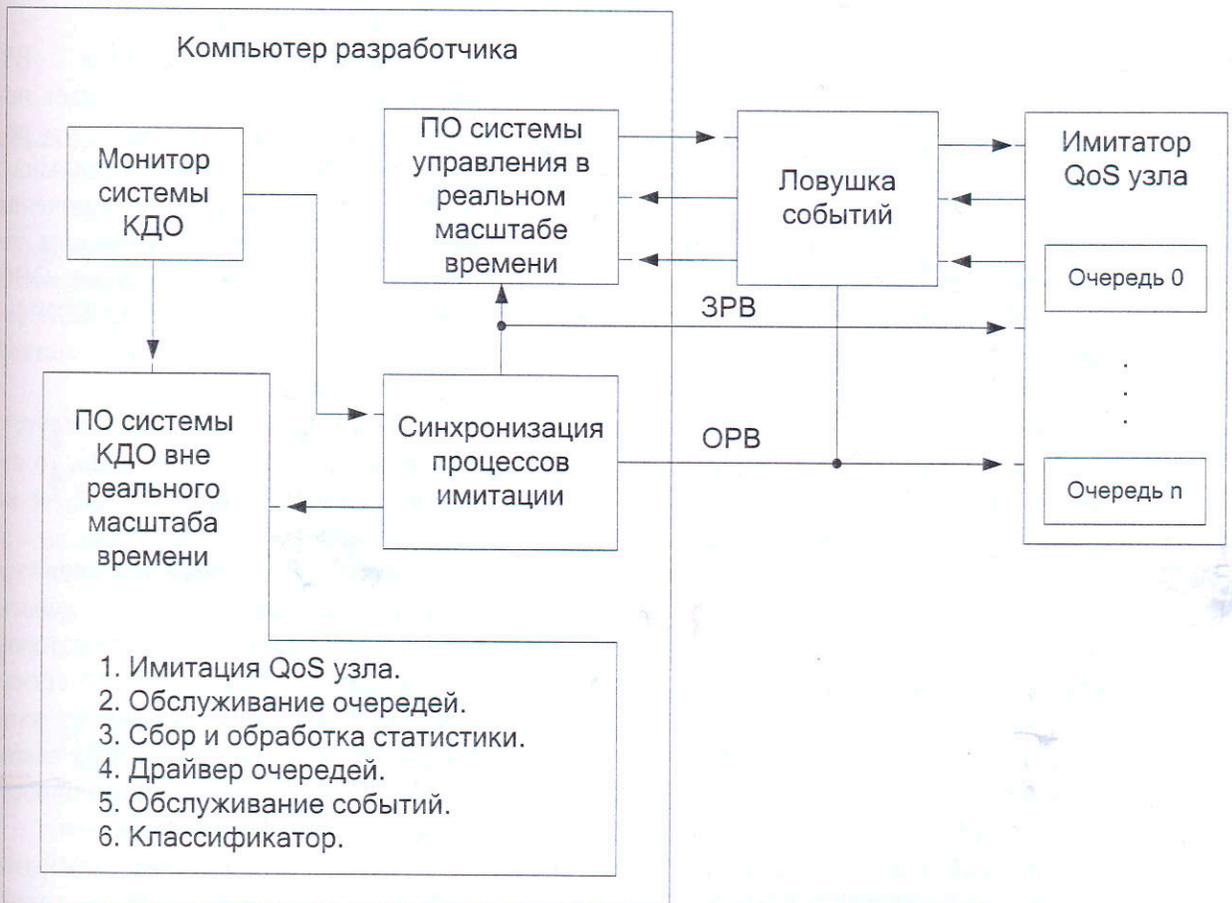


Рис. 6. Архитектура системы отладки и состав программного обеспечения

Основная особенность системы заключается в том, что в реальном масштабе времени работает только ОПО, а при решении вспомогательных задач (подготовка данных для имитации, моделирование, обработка результатов и т.д.) происходит останов «реального» времени. Останов «реального» времени осуществляется по событиям, к которым относятся: «запрос на обслуживание очереди», «выдача управляющего воздействия» и «чтение состояния очереди». Ловушка событий идентифицирует каждое событие и информирует о нем программу синхронизации процессов имитации, которая останавливает «реальное» время только на периоды решения вспомогательных задач. Достижимая при этом синхронизация функционирования компьютера разработчика со счетчиком реального времени обеспечивает полное совпадение хода ПО системы управления корпоративной сетью при повторении экспериментов с одинаковыми исходными данными, что существенно расширяет возможность поиска ошибок в процессе отладки.

#### 4.2. Структура аппаратных средств системы отладки

Структурная схема аппаратных средств системы отладки представлена на рис. 7. В состав входят: компьютер разработчика, предназначенный для управления средствами моделирования узла, в среде операционной системы которого функционируют ОПО и программное обеспечение системы отладки; очереди (число их может меняться), предназначенные для имитации QoS узла. Каждая очередь состоит из схемы управления, блока буферных регистров, схемы подключения узла, блока таймеров. Кроме того, в состав системы входят: таймер РВ; схема управления генератором и таймером РВ; программируемый генератор час-

тоты; диспетчер очередей (ДО); ловушка событий (ЛС).

Блок таймеров включает два таймера и схему переключения таймеров. В таймер 1 программно заносится модельное время поступления пакета в очередь. По истечении этого времени выставляется запрос (ЗПР) диспетчеру очередей; схема переключения таймеров запрещает подачу тактовых импульсов (ТИ) на вход таймера 1 и разрешает подачу ТИ на вход таймера 2, в котором накапливается время ожидания пакета в очереди на обслуживание.

В блок буферных регистров входят: регистр БУВ (буфер управляющих воздействий), где хранится выходное управляющее воздействие, вырабатываемое ОПО, и регистр БВВ (буфер входных воздействий), в котором хранится входное воздействие, получаемое от сетевого узла в момент обращения ОПО к соответствующему сетевому узлу.

Схема подключения ВУ (внешнее устройство) запрещает подачу ТИ на вход таймера 1 при поступлении информации от реального ВУ и отключает схему подключения таймеров (СП). Эта информация заносится в БВВ; выполнение ОПО прерывается, и содержимое БВВ сохраняется в стеке вместе с меткой времени ее поступления.

Если реальный узел отсутствует, и его имитирует очередь, то отсутствует сигнал запрета ТИ, и на таймер 1 поступают ТИ.

Таймер РВ предназначен для отсчета реального времени работы ОПО. Схема управления генератором и таймером РВ вырабатывает сигнал останова ТИ, поступающий на вход программируемого генератора частоты, только на время функционирования вспомогательных программ.

Схема управления генератором и таймером РВ состоит из триггера-флажка F, который управляется подпрограммой синхронизации про-

цессов имитации. Если флаг установлен, то ТИ от генератора частоты  $F$  поступают на входы таймера РВ и таймеров 1 и 2 всех каналов.

Диспетчер очередей имеет  $n$  линий запроса на прерывание ( $n$  - число очередей). Линии запросов на прерывание возбуждаются только в том случае, когда обнулится содержимое таймера 1  $i$ -ой очереди. В зависимости от заданного режима дис-

петчеризации ДО принимает решение о подключении  $i$ -ой очереди к компьютеру разработчика. ДО управляется подпрограммой обслуживания очередей.

В качестве ДО можно использовать, например, блок циклических приоритетов, входящий в состав устройств, описанных в [23, 24], или БИС КР580ВН59 с программируемой логикой.

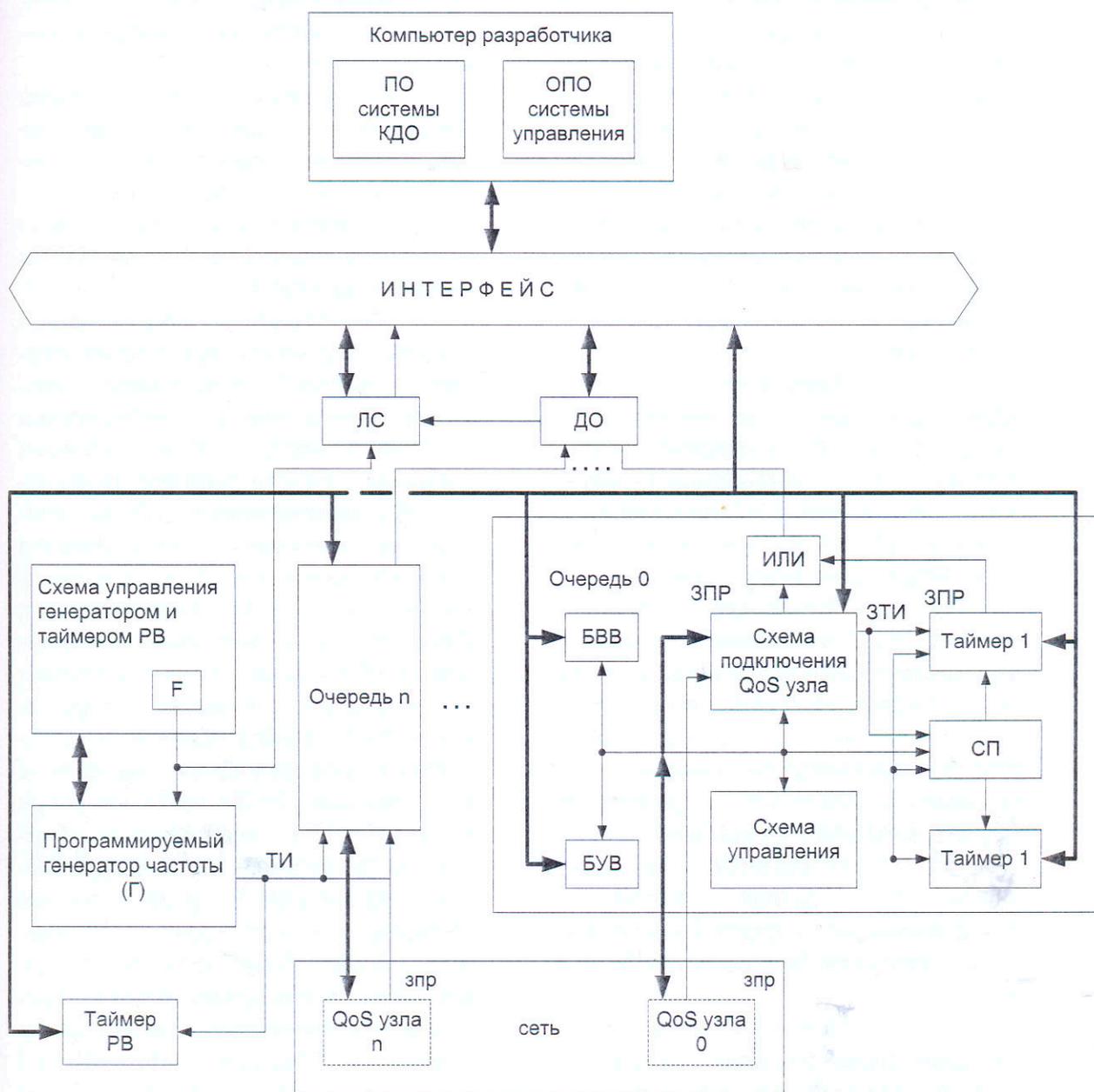


Рис. 7. Структура аппаратных средств системы отладки

Ловушка событий прерывает каждый раз функционирование ОПО при обращении к БУВ и БВВ и по запросу на обслуживание очереди. ЛС вырабатывает сигнал запроса на прерывание (ЗПР) при одновременном появлении на ее входе сигналов: чтение ввода/вывода или запись ввода/вывода; сигнала выбора дешифратора каналов; сигнала останова с прямого выхода F или сигнала ЗПР от ДО. В состав ЛС входит дешифратор кода прерывания, который в ответ на сигнал разрешения прерывания от процессора вырабатывает код однобайтовой команды повторного старта RST, содержащей адрес перехода к подпрограмме обработки соответствующего события.

Преимущества предлагаемой структуры аппаратных средств системы отладки, управляемых компьютером разработчика, заключаются в следующем:

1. Аппаратно-программная имитация сетевого узла обладает достаточно высоким быстродействием по отношению к внешним программным имитаторам и гибкостью - по отношению к внешним аппаратным имитаторам.

2. Применение предлагаемых средств снижает сложность ПО системы отладки и испытания за счет аппаратной реализации параллельных процессов работы имитируемых каналов, что позволяет использовать стартстопный режим на этапе резидентной отладки.

3. Появляется возможность использования смешанного моделирования в стартстопном режиме, что улучшает качество отладки.

4. Искажения «реального» времени незначительны. Причем в каждом конкретном случае они могут быть учтены.

#### 4.3. Структура программных средств системы отладки

В состав программного обеспечения системы отладки входят обслуживающие, моделирующие и обрабатывающие программы, представленные на рис. 9.

*Монитор* системы отладки управляет взаимодействием всех программ, осуществляет связь пользователя с системой через пользовательский интерфейс.

*Программы обслуживания событий* предназначены для обработки прерываний, вызванных соответствующими событиями, определенными ранее.

*Программа синхронизации процессов имитации* предназначена для пуска и останова «реального» времени путем разрешения или запрета подачи тактовых импульсов на входы таймеров 1 и 2 очередей и вход таймера РВ.

*Программа обслуживания очередей* осуществляет диспетчеризацию очередей по заданному алгоритму обслуживания в соответствии с имеющимися статистическими данными о работе системы. Возможно программирование ДО на следующие алгоритмы обслуживания очередей: алгоритм «Первый вошел – Первый вышел» (FIFO - First In First Out); алгоритм «Круговое обслуживание» (RR - Round Robin); алгоритм «Круговое обслуживание с дефицитом» (DPR - Deficit Round Robin); алгоритмы обслуживания очередей с приоритетами (PFQ - packet-by-packet fair queuing); модифицированный алгоритм PS (PPS или PQ - Priority Processor sharing или Priority); алгоритм «Взвешенное Круговое обслуживание» (WRR - Weighed Round Robin); алгоритм «Модифицированное круговое обслуживание с дефицитом» (MDRR - Modified Deficit Round Robin); алгоритм GPS (Generalized Processor sharing); алгоритм взвешенного равномерного обслуживания WFQ (Weighed Fair Queuing); алгоритм  $WF^2Q$ ; алгоритм  $WF^2Q+$ ; алго-

ритм VC (Virtual Clock); алгоритм LFVC (Leap Forward Virtual Clock); алгоритм SCFQ (Self-clocked Fair Queuing – SCFQ). Из приведенного списка алгоритмов обслуживания очереди достаточно использовать три алгоритма: FIFO, PFQ и WFQ.

*Драйвер очереди* выполняет чтение и запись данных в регистры и таймеры имитатора сетевых узлов.

*Программа имитации сетевого узла* предназначена для моделирования работы под управлением ОПО в «реальном» времени. Она служит для определения величины временных интервалов, генерации последовательности пакетов, генерации значений векторов состояний сетевого узла. Таким образом, имитируется не структура и функции сетевого узла, а динамика изменения внешних потоков информации. Для получения случайных выборок применялись наиболее часто используемые распределения: равномерное распределение; треугольное распределение; нормальное распределение; экспоненциальное распределение; распределение Пуассона; распределение Эрланга. Генерировались пакеты следующего формата: 1 – номер пакета в потоке (последовательности), 2 – номер потока (последовательности), 3 – приоритет пакета, 4 – длина пакета в единицах (рис.8).

*Программа сбора и обработки статистики* служит для определения статистических характеристик, необходимых при оценке качества ОПО и всей системы в целом. Например, может собираться и обрабатываться информация о временах ожидания пакетов в очередях, длине возникающих очередей и т.д. Данная информация сохраняется в локальной

базе данных 2 и может запрашиваться по требованию разработчика.

*Классификатор состояний* делит все множество управляющих воздействий, вырабатываемых ОПО, на два класса – допустимых и недопустимых. Классификационные правила строятся с помощью алгоритма обучения.

#### 4.4. Алгоритм функционирования системы отладки

Алгоритм работы системы отладки, показывающий связь между программами, входящими в состав ПО системы, представлен на рис. 10.

На этапе инициализации разработчик ПО настраивает систему на требуемую конфигурацию технических и программных средств отлаживаемой системы управления корпоративной сетью: выбирается частота тактовых импульсов; задаются количество очередей и алгоритмы обслуживания очередей; параметры имитации и режим обработки ошибок.

Далее ОПО загружается в память компьютера разработчика, запускается генератор тактовых импульсов, т.е. включается «реальное» время и управление передается ОПО.

В момент появления одного из перечисленных выше событий прерывается выполнение ОПО и вызывается программа обработки события, соответствующая появившемуся событию.

##### 4.4.1. Алгоритм программы обработки события «выдача управляющего воздействия»

Прерывание выполнения ОПО произойдет после того, как ОПО запишет в БУВ код управляющего воздействия (значение выходной переменной).

1	2	3	4
---	---	---	---

Рис. 8. Формат пакета

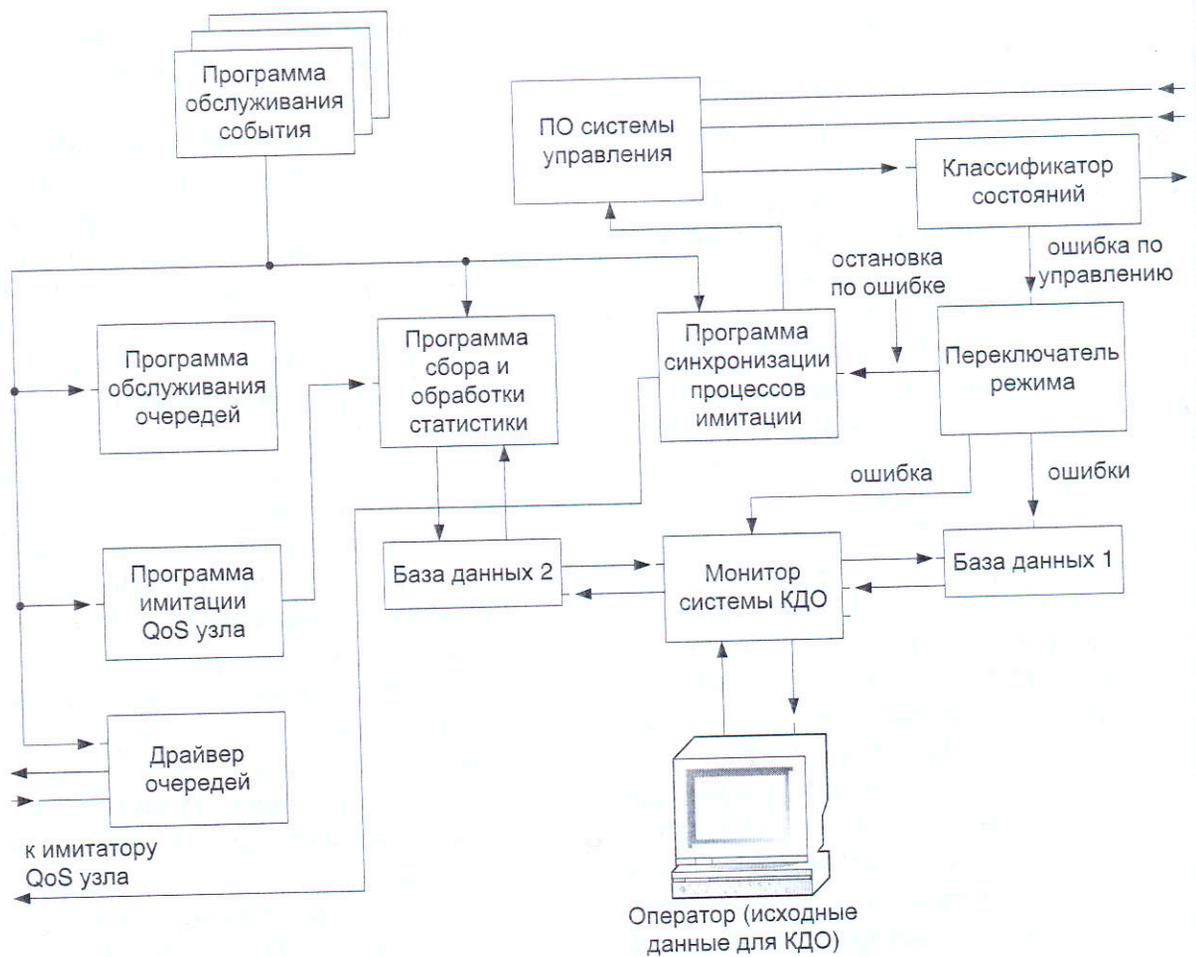


Рис. 9. Структура программных средств системы отладки

Программа обработки данного события сразу же передает управление модулю синхронизации процессов имитации, который запретит подачу ТИ на входы таймеров 1 и 2 всех очередей и на вход таймера РВ; таким образом, произойдет останов «реального» времени. Далее будет вызвана программа сбора и обработки статистики очередей. Классификатор состояний определит, произошла ошибка по управлению или нет. Если произошла ошибка по управлению, то в зависимости от выбранного режима обработки ошибки на этапе инициализации управление будет передано монитору системы отладки и испытания, если задан режим интерактивной обработки ошибки, или ошибка будет сохранена в базе данных 1 вместе с другой информацией,

если задан режим буферирования ошибки. Обычно применяются два режима одновременно. После анализа ошибки в режиме интерактивной обработки на основе данных, хранящихся в базах данных 1 и 2, разработчик принимает решение о необходимости дальнейшего проведения отладки. Внесение изменений в разрабатываемое ПО и исправление ошибки целесообразно выполнять с помощью кросс-средств на этапе статистической отладки. Если принято решение о необходимости дальнейшего проведения отладки, то управление будет передано модулю синхронизации процессов имитации, который запустит генератор ТИ, т.е. включит «реальный» масштаб времени. Далее управление будет передано ОПО.



#### 4.4.3. Алгоритм работы программы обработки события «запрос на обслуживание i-ой очереди»

Данное событие произойдет только в том случае, когда ДО инициирует сигнал запроса на прерывание ЗПР. Останов «реального» времени, сбор и обработка статистики выполняются аналогично рассмотренным выше алгоритмам работы программ обработки событий. Программа обслуживания очередей в зависимости от времени ожидания пакетов в очереди, которое накапливается в таймерах 2, примет решение о необходимости изменения параметров алгоритма обслуживания очередей. Затем программой имитации сетевого узла будет определен следующий интервал поступления пакетов в очередь и сформировано входное воздействие, которые будут записаны соответственно в таймер 1 и в БВВ i-ой очереди. Модуль синхронизации процессов имитации запустит «реальное» время, и управление будет передано реальной подпрограмме обслуживания запроса на прерывание i-ой очереди.

#### Литература

1. Олвейн Вивек. Структура и реализация современной технологии MPLS / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. – 480 с.
2. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети: принципы, технологии, протоколы. 3-е изд. СПб: Издательство «Питер», 2008. – 958 с.
3. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Новые технологии и оборудование IP-сетей. СПб.: БХВ – Санкт-Петербург, 2000. 512 с.
4. Дикер-Пилдуш Галина. Сети ATM корпорации Cisco. М.: Издательский дом «Вильямс», 2004. 880 с.
5. Кульгин М.В. Контроль трафика в сетях ATM // LAN/Журнал сетевых решений. – 1998. – №12. – С. 75 – 77.
6. Cisco Systems, Inc. Руководство по технологиям объединенных сетей / пер с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2005. – 1040 с.
7. Enterprise QoS Solution Reference Network Design Guide. Version 3.3. November 2005. Corporate Headquarters. Copyright © 2005, Cisco Systems, Inc. 170 West Tasman Drive. San Jose, CA 95134-1706. USA. <http://www.cisco.com>, 330 p.
8. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети интернет. СПб.: Наука и Техника, 2004. 336с.
9. Засецкий А.В., Иванов А.Б., Постников С.Д., Соколов И.В.. Контроль качества в телекоммуникациях и связи. Часть II / под общей редакцией Иванова А.Б. – М.: Компания САЙРУС СИСТЕМС, 2001. – 336с.

#### Заключение

Представленные структура и алгоритм функционирования аппаратно-программной системы отладки программного обеспечения систем управления корпоративными сетями реализуют стартстопный режим, отличающейся от известных введением аппаратно-программной имитации сетевых узлов, что обеспечивает учет временных параметров потоков пакетов и позволяет минимизировать влияние средств отладки на функционирование отлаживаемого программного обеспечения. С помощью предлагаемой аппаратно-программной системы можно регистрировать и вычислять следующие параметры: время поступления пакета в узел, время трансляции пакета узлом в сеть, время задержки пакета в узле, изменение задержки, количество потерянных пакетов, изменение длин очередей и их текущих значений. Получаемые статистические значения данных параметров позволяют администраторам качественно выполнять предварительную настройку параметров QoS узлов корпоративной сети.

10. Шринивас Вегешна. Качество обслуживания в сетях IP / пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003 – 368с.
11. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания. М.: Машиностроение, 1979. 432с.
12. Максимей И.В., Семишин Ю.А. Об автоматизации моделирования сетей СМО с динамической структурой // Управляющие системы и машины. – 1981. – №6. – С. 16 – 22.
13. Фишман Е.Б. Анализ алгоритмов обслуживания очередей в сетях с поддержкой «Качества обслуживания» (QoS) // Качество. Инновации. Образование. – 2006. – №6. С. 63 – 71.
14. Альянах И.Н. Моделирование вычислительных систем. Л.: Машиностроение, 1988. 225 с.
15. Максимей И.В. Имитационное моделирование. М.: Радио и связь, 1988. 231 с.
16. Рыжиков Ю.И. Имитационное моделирование. Теория и технологии. СПб.: КОРОНА принт; М: Альтекс-А, 2004. – 384 с.
17. Armitage G. Quality of Service in IP networks. Foundations for a MultiService Internet. МТР, 2000. 309 h/ ISBN: 1-57870-189-9.
18. Волковинский М.И., Кабалевский А.Н. Анализ приоритетных очередей с учетом времени переключения. М.: Энергоатомиздат, 1981. – 168 с.
19. Липаев В.В. Тестирование программ. М.: Радио и связь, 1986. – 296 с.
20. Технология проектирования программных комплексов АСУ / В.В. Липаев, Л.А. Серебровский, П.Г. Гаганов и др.: Под ред. Ю.В. Асафьева, В.В. Липаева. – М.: Радио и связь, 1983. – 264 с.
21. Зайцев В.Г., Гутман Д.Л., Лунина Т.В., Мелешук И.В., Мараули Г.В. Принципы построения моделей внешней среды одного класса // УсиМ. – 1985. - № 5. – С. 95 – 98.
22. Мелешук И.В., Гутман Д.Л. Алгоритмы управления вычислительным процессом в системе моделирования внешней среды / /в кн.: Модели и алгоритмы автоматизированных систем в промышленности. – Киев: ИК АН УССР, 1982. – С.23 – 27.
23. Леохин Ю.Л., Панов В.В., Саксонов Е.А., Шапкин Ю.А. Многоканальное устройство управления вводом информации в микро-ЭВМ. А.с. 1234844 (СССР). Опубл. В Б.И. 1986, № 20, G 06F 13/26.
24. Леохин Ю.Л., Панов В.В., Саксонов Е.А., Шапкин Ю.А. Устройство для моделирования систем сбора данных. А.с. 1534469 (СССР). Опубл. в Б.И., 1990, № 1, G 06F 15/20.

## УПРАВЛЕНИЕ ИНТЕНСИВНОСТЬЮ ТРАФИКА В СЕГМЕНТАХ КОРПОРАТИВНЫХ СЕТЕЙ

### MANAGEMENT OF TRAFFIC INTENSITY IN THE CORPORATE NETWORK SEGMENTS

*Иванов Игорь Потапович / Ivanov I.P.,  
проректор по информатизации МГТУ им. Н. Э. Баумана /  
vice rector of the Bauman Moscow State Technical University,  
ivanov@bmstu.ru*

#### **Аннотация**

В статье рассматривается технология регулирования интенсивности трафика источников информации

в корпоративной сети, базирующаяся на логике алгоритма случайного раннего обнаружения и механизме поддержания пауз в процессе генера-