

Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования Белорусский  
государственный университет информатики и  
радиоэлектроники

УДК 654.9

Аль-Элайави  
Хасан Абдулкарим Абдулаббас

УПРАВЛЕНИЕ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ В СИСТЕМАХ  
БЕСПРОВОДНОГО ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ

**АВТОРЕФЕРАТ**

на соискание степени магистра технических наук  
по специальности 1-45 80 02 «Телекоммуникационные системы  
и компьютерные сети»

---

Научный руководитель  
Лагутин Андрей Евгеньевич  
кандидат технических наук, доцент

Минск 2020

## ВВЕДЕНИЕ

Развитие современных беспроводных технологий позволяет передавать по радиоканалу значительные объемы информации на скоростях, сопоставимых с передачей по проводным каналам связи. В то же время можно показать низкое использование пропускной способности реальных беспроводных каналов связи. Технологически совершенствуется физический уровень: меняются способы модуляции, совершенствуются способы обработки сигналов и увеличиваются битовая скорость передачи и чувствительность приемника. Максимальный теоретический процент использования пропускной способности канала для стандарта IEEE 802.11n с битовой скоростью 108 Мбит/с составляет 51 %. Повысить данный показатель можно, применив принцип системного подхода к проектированию системы обработки визуальной информации. Наибольшую сложность в этом случае представляет проектирование канального уровня. Возникает необходимость в алгоритмах регулирования процессов передачи данных с целью обеспечения экономного и эффективного использования каналов связи в задачах видеонаблюдения.

Кроме передачи видеопотоков по сети значительную роль играют процессы компрессии/декомпрессии видеоизображений. Поэтому, если в глобальных сетях (Интернет) решающую роль при передаче видеоданных играет пропускная способность канала, то в локальных вычислительных сетях зачастую слабым звеном оказываются ограниченные вычислительные мощности отдельных компьютеров. При этом возникает необходимость в алгоритмах регулирования процессов передачи данных с целью обеспечения экономного и эффективного использования каналов связи в задачах видеонаблюдения.

Целью данной работы является повышение эффективности управления передачей данных в системах беспроводного видеонаблюдения реального времени.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка алгоритмов управления передачей видеоизображений реального времени и исследование их эффективности.
2. Разработка и создание элементов управления системы беспроводного видеонаблюдения реального времени.

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Цель работы – повышение эффективности управления передачей данных в системах беспроводного видеонаблюдения реального времени.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Разработка алгоритмов управления передачей видеоизображений реального времени и исследование их эффективности.

2. Разработка и создание элементов управления системы беспроводного видеонаблюдения реального времени.

Актуальность темы заключается в том, что современные системы обработки визуальной информации могут включать в себя каналы беспроводной передачи данных. К таким системам, в частности, относятся охранные комплексы видеонаблюдения.

Объект исследования – процесс передачи данных в видеонаблюдении.

Предмет исследования – алгоритм фрагментации пакетов видеоданных и управления их передачей.

Методы исследования: решение задач базируется на применении методов математического моделирования и программирования.

Полученные результаты и их новизна. Разработаны алгоритмы передачи данных видеонаблюдения в реальном масштабе времени по протоколу TCP/IP в распределенных многопользовательских системах. Разработаны алгоритмы динамического контроля над работоспособностью сетевого оборудования локальной вычислительной сети большого размера. Путем компьютерного имитационного моделирования получены зависимости числа коллизий и потерянных пакетов от длины передаваемых пакетов и числа передающих устройств при максимальной нагрузке на сегмент сети Ethernet.

Структура магистерской диссертации: работа изложена на 54 страницах, состоит из разделов «Введение», «Общая характеристика работы», трех глав, разделов «Заключение», «Список использованной литературы» из 37 наименований и «Графический материал».

Проведена экспертиза диссертации Аль-Элайави Хасана Абдулкарима Абдулаббаса «Управление передачей данных в системах беспроводного видеонаблюдения реального времени» на корректность использования заимствованных материалов с применением сетевого ресурса «Антиплагиат» (адрес доступа: <http://nlb.antiplagiat.ru>) в on-line 19.06.2020 г. В результате

проверки установлена корректность использования заимствованных материалов (оригинальность диссертационной работы составляет 89,12 %). Итоговый протокол работы сетевого ресурса «Антиплагиат» прилагается.

## **КРАТКОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ**

Во введении обосновывается актуальность темы диссертации, формулируется цель и задачи исследования.

В первой главе приведен обзор существующих методов передачи данных видеонаблюдения и сбора технологических данных, проведено сравнение методов тестирования сети Ethernet, раскрывается содержание поставленных задач.

Стандартные методы передачи видеопотоков по компьютерным сетям основываются на использовании протокола UDP. Протокол UDP не гарантирует качество доставки и правильность порядка передачи данных, однако требует меньшей пропускной способности канала и позволяет организовывать одновременную передачу данных множеству клиентов (multicast). Для уменьшения потерь UDP-пакетов предлагаются различные механизмы регулирования скорости передачи видеоданных и качества компрессии видеоизображений.

Интенсивная неконтролируемая передача данных по UDP в канале с недостаточной пропускной способностью приводит к агрессивному захвату всего канала, что может нарушить передачу данных по TCP протоколу (осуществляемую другими приложениями по общему каналу связи). Поэтому при передаче данных по UDP необходимы механизмы, обеспечивающие «дружественность» протоколу TCP. Условие равномерного распределения канала между различными приложениями выполняется автоматически, если вести передачу видеоданных по протоколу TCP, в котором изначально заложены механизмы адаптации к пропускной способности канала, регулирования скорости передачи в зависимости от числа теряемых пакетов, подавления перегрузок канала.

В рассмотренных подходах не учитывается возникновение задержки видеoinформации в приемных буферах клиента. При низких вычислительных ресурсах процесс декомпрессии видеопотока занимает значительную долю процессорного времени, клиент не успевает декомпрессировать все получаемые данные и поэтому читает из буфера приема медленнее, чем туда поступают данные. Это приводит к периодическим приостановкам передачи данных сервером, низкой скорости

и «рывкам» выводимого на экране клиента видеоизображения. Проблема может быть «решена» разделением задач получения данных из сети и их декомпрессии: клиент получает все данные, но только часть из них декомпрессирует. В этом случае канал связи будет частично занят бесполезной передачей данных, что не экономно по отношению к сетевым ресурсам.

Следует отметить, что выбор протокола TCP в качестве основного в интегрированной системе видеонаблюдения и технологического контроля автоматически выполняет требование гарантированности доставки технологических данных. Задачу передачи технологических данных можно обобщить до передачи любых данных, потеря даже части которых недопустима.

Основными критериями оценки качества распределенной системы цифрового видеонаблюдения являются: величина временной задержки  $t$  между каким-либо событием, произошедшим перед видеокамерой, и моментом его отображения на экране клиента; количество кадров в секунду  $n$ , отображаемых на экране клиента.

Обзор существующих методов передачи видеоизображений по компьютерной сети позволяет разделить используемые методы компрессии на две группы: покадровые (JPEG, JPEG2000) и потоковые (MPEG). В покадровых методах компрессии каждый видеокادر компрессируется/декомпрессируется вне зависимости от остальных. При использовании потокового метода компрессии часть видеокладов компрессируется целиком (опорные кадры), а видеоклады, находящиеся между опорными, передаются в виде разности между предыдущим и текущим кадром. Потоковые технологии компрессии получили широкое распространение при организации видеоконференций, трансляции видеопрограмм и телепрограмм, однако покадровые методы предпочтительны для организации многопользовательских систем контроля.

Обзор существующих моделей показал, что при имитационном компьютерном моделировании сегмент сети Ethernet обычно представляется в виде системы массового обслуживания, в качестве транзактов в которой выступают сетевые пакеты, а в качестве обслуживающих приборов - сетевые узлы и моноканал связи. Генерация транзактов ведется обычно по пуассоновскому распределению, после появления транзакта он ставится в очередь передачи «сетевого узла». После освобождения «моноканала» транзакт из очереди передачи переходит на обработку в «моноканал», где задерживается на время передачи пакета. В случае одновременного перехода (в течение

времени соревнования) в «моноканал» нескольких «пакетов», производится обработка коллизии: каждый из «пакетов» задерживается на случайную величину  $T$ , после чего возвращается в очередь передачи.

В данной работе проводилось исследование поведения сегмента сети при максимальной нагрузке, то есть считалось, что каждый узел постоянно испытывает потребность в передаче данных. Так как узел в каждый момент времени может передавать только один пакет, предлагается в качестве транзакта выбрать не пакет, а сетевой узел, при этом положение транзакта в модели определяет состояние узла. Такой подход позволяет исключить из рассмотрения временной закон появления транзактов в системе (транзакты генерируются одновременно в момент начала моделирования), и сосредоточить основное внимание на таких результатах моделирования как максимальное время доступа узла к среде передачи, количество коллизий, произошедших в канале, коэффициент использования канала связи.

Существует практическое правило определения работоспособности сегмента сети: если средняя нагрузка на сегмент (доля времени, в течение которой канал был занят) превышает 30% от его пропускной способности, считается, что сегмент перегружен. Основное исследование работы сети проводилось при максимально возможных нагрузках на канал связи, близких к 100 %.

Большинство промышленных сетей построено на интерфейсе RS-485. Ключевым свойством протокола, организующего низкоуровневую передачу данных в сети (имеются в виду первый и второй уровни модели OSI), является способ разграничения доступа к передающей среде.

Основным требованием, налагаемым на промышленную сеть технологическими процессами, является строго детерминированное максимальное время доступа устройства к передающей среде.

Существующие в настоящий момент системы моделирования (обычно встроенные в программы разработки SCADA-систем) позволяют моделировать работу только одного или нескольких протокольных решений, поддерживаемых данной SCADA-системой. С их помощью разработчик может промоделировать работу разрабатываемой сети, но уже после того, как выбран конкретный протокол, на основе которого она будет реализована. На этапе выбора протокольного решения имитационное моделирование крайне затруднительно, так как для этого необходимо иметь средства разработки от различных производителей и зачастую вводить в разные программы один и тот же проект. Кроме того, иногда экономически оправданна разработка собственного протокольного решения передачи данных и организации

разграничения доступа к среде передачи. При этом для моделирования работы нового протокола необходима разработка собственной среды моделирования. Исходя из вышесказанного, очевидна выгода от использования такой системы моделирования, универсальность которой позволяла бы исследовать особенности передачи данных в широком круге промышленных сетей путем изменения небольшого набора правил.

Во второй главе проводится исследование поведения сегмента сети Ethernet, основанное на компьютерном моделировании процессов, происходящих при интенсивной передаче данных в сети Ethernet, с максимальным приближением во временной области к – реальным процессам с целью разработки методов оценки корректности работы сети, а также качественного изучения поведения сети при максимальных нагрузках. В главе описываются модели работы сегмента локальной сети, разработанные на языке моделирования GPSS, обсуждаются результаты моделирования, их совпадение с экспериментальными данными и возможности использования моделирования для оценки качества работы ЛВС.

Предложенный метод активного одновременного опроса группы устройств позволяет быстро получать данные о наличии и работоспособности сетевых устройств. Объединенный анализ результатов активного опроса и пассивного перехвата трафика позволяет выявить практически все устройства ЛВС, сопоставить физические адреса устройств с символьными именами, выявить некоторые неисправности сети.

Путем компьютерного моделирования получены зависимости числа коллизий, потерянных пакетов и КПД моноканала от длины передаваемых пакетов в сегменте сети Ethernet, состоящем из множества устройств, испытывающих постоянную необходимость в передаче данных. Задачи передачи данных видеонаблюдения реального времени по сети приводят к интенсивной передаче пакетов с длиной, близкой к максимальной. Из графиков, приведенных на рисунках 1-3, видно, что при интенсивной передаче множеством устройств пакетов максимальной длины доля времени, в течение которого в канале происходят соревнования за право передачи, мала по сравнению со временем, в течение которого ведется передача данных. КПД моноканала при передаче пакетов максимальной длины близок к единице и пропускная способность канала практически без потерь делится поровну между источниками пакетов. При этом процент потерянных пакетов наиболее высок (рисунок 3) вследствие правила, по которому пакет отбрасывается, если устройство попадает в коллизию более 16 раз. Замена Ethernet-концентраторов

на Ethernet-коммутаторы позволяет устройствам получать доступ к каналу без соревнования, однако не исключает потери пакетов, которые происходят при этом в коммутаторе вследствие переполнения очередей передачи. Таким образом, при организации передачи данных видеонаблюдения даже в пределах ЛВС требуются механизмы восстановления потерянной информации.

Показано, что в большинстве случаев передача данных в ЛВС может моделироваться с помощью модели, число источников которой значительно меньше числа реальных узлов сети. Предлагается метод тестирования сети Ethernet, основанный на сравнении результатов имитационного моделирования и результатов работы реальной ЛВС: если число коллизий, реально происходящих в сегменте, значительно больше числа, полученного в процессе моделирования, следует полагать, что в данном сегменте присутствует какая-либо неисправность.

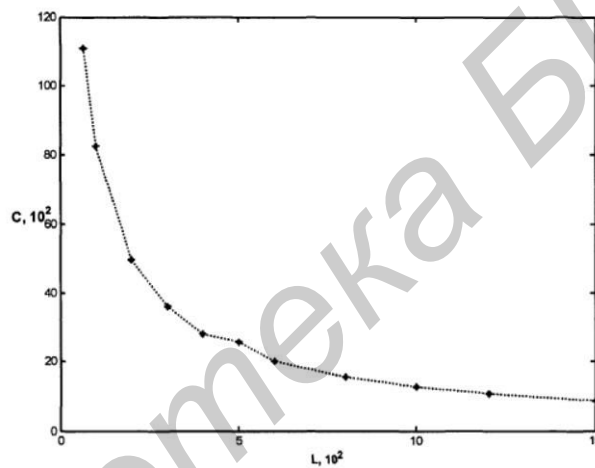


Рисунок 1 – Зависимость числа коллизий в сегменте от длины пакетов

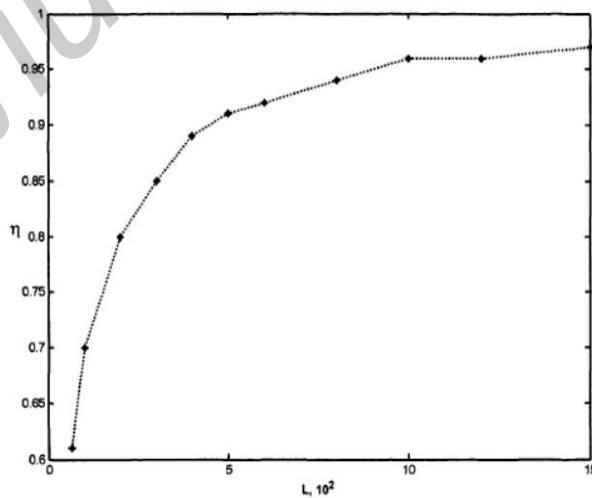
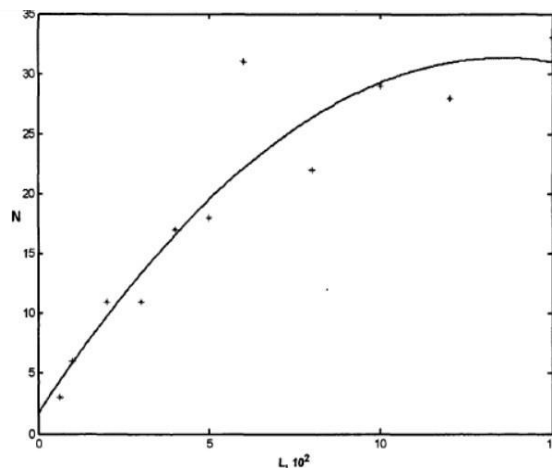


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента использования канала от длины пакетов





**Рисунок 3 – Зависимость числа потерянных пакетов от их длины**

В третьей главе рассматриваются методы передачи данных видеонаблюдения в реальном времени, предлагаются алгоритмы регулирования скорости передачи видеоданных и способы объединения задач видеонаблюдения и технологического контроля. Основными модулями, составляющими распределенную систему видеонаблюдения, являются видеосервер и видеоклиент. Видеосервер организует захват видеокадров; компрессию видеопотоков; передачу по сети потоков сжатого видеоизображения клиентам.

В роли видеоклиента обычно может выступать любой компьютер, подключенный к компьютерной сети. Стандартными задачами ПО клиента являются: получение потоков данных с видеосерверов; декомпрессия видеоизображений; вывод изображений на монитор.

Основными критериями оценки качества распределенной системы цифрового видеонаблюдения являются: величина временной задержки  $\tau$  между каким-либо событием, произошедшим перед видеокамерой, и моментом его отображения на экране клиента; количество кадров/с  $n$ , отображаемых на экране клиента.

Оба параметра  $\tau$  и  $n$  зависят от пропускной способности сети и вычислительных ресурсов сервера и клиента.

Протокол TCP по сравнению с UDP самостоятельно обеспечивает: регулирование скорости передачи данных в зависимости от загруженности канала связи; правильный порядок передачи данных; перепосылку потерянных данных.

Основным аргументом за UDP выступает возможность организации многоадресной рассылки видео множеству клиентов. Для того чтобы оценить

его важность, рассмотрим следующие основные случаи построения распределенной системы видеонаблюдения: один клиент получает видеопотоки с одного сервера; несколько клиентов получают одинаковые видеопотоки с одного сервера; несколько клиентов получают разные видеопотоки с одного сервера; несколько клиентов получают разные видеопотоки с разных серверов.

Разработаны алгоритмы передачи данных видеонаблюдения в реальном времени по протоколу TCP/IP в распределенных многопользовательских системах.

Предлагается метод регулирования клиентом скорости передачи видеокадров от сервера клиенту в зависимости от пропускной способности сети, скорости декомпрессии видеокадров клиентом, нагрузки на процессор компьютера-клиента:  $R_{S_i} = f(R_{S_{i-1}}, R_{C_{i-1}}, R_{D_{i-1}}, L_i)$ .

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Разработаны алгоритмы передачи данных видеонаблюдения в реальном времени по протоколу TCP/IP в распределенных многопользовательских системах. Предлагаются методы регулирования клиентом скорости передачи видеоданных от сервера клиенту в зависимости от пропускной способности сети и вычислительных ресурсов серверов и клиентов.

2. Разработаны и созданы элементы управления системы беспроводного видеонаблюдения реального времени.

3. Путем компьютерного моделирования получены зависимости числа коллизий, потерянных пакетов и КПД моноканала от длины передаваемых пакетов в сегменте сети Ethernet, состоящем из множества устройств, испытывающих постоянную необходимость в передаче данных.

4. Разработаны методы построения имитационных моделей реальных сегментов сети Ethernet. Показано, что в большинстве случаев передача данных в ЛВС может моделироваться с помощью модели, число источников которой значительно меньше числа реальных узлов сети. Предлагается метод тестирования сети Ethernet, основанный на сравнении результатов имитационного моделирования и результатов работы реальной ЛВС: если число коллизий, реально происходящих в сегменте, значительно больше числа, полученного в процессе моделирования, следует полагать, что в данном сегменте присутствует какая-либо неисправность.