

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ КОРПОРАТИВНЫМИ КОМПЬЮТЕРНЫМИ СЕТЯМИ

В.П. Шестак, А.Д. Бондаренко



**ШЕСТАК  
Валерий  
Петрович**

Доктор технических наук, профессор МИФИ, советник Федерального агентства по образованию. Область научных интересов — физика пучков ускоренных заряженных частиц, метрология, системы управления, компьютерные технологии, инженерное образование. Автор свыше 130 научных работ.

## Введение

Анализ качества работы корпоративных компьютерных сетей (ККС) может быть проведен на основе исследования таких основных их характеристик, как скорость передачи информации, частота перегрузки, информационная перегрузка буфера, количество моментов перегрузки буфера, доступность сетевых устройств, количество потерянных пакетов данных, количество ошибок при передаче информации. Система управления ККС (СУ ККС) должна обеспечивать оптимизацию этих характеристик, при этом основными проблемами, как известно, являются:

- отсутствие прогнозирования поведения сети;

- низкая адаптивность алгоритмов управления при решении нестандартных сетевых проблем;
- традиционное устранение сетевых проблем администратором вручную.

При решении подобных проблем в разных областях техники принято говорить о встраивании в системы управления элементов интеллектуализации, которые позволяют системе управления решать задачи, связанные с реализацией сложных алгоритмов, обеспечивающих ее функционирование при неопределенных состояниях ККС.

В данной работе рассматривается обобщенная процедура администрирования с использованием средств интеллектуализации, для чего был разработан вариант интеллектуальной системы управления ККС (ИСУ ККС).



**БОНДАРЕНКО  
Алексей  
Дмитриевич**

Кандидат технических наук, ведущий аналитик департамента информационных технологий Ингосстраха. Область научных интересов — телекоммуникационные системы и компьютерные сети. Автор 6 публикаций.

### Разработка интеллектуальной системы управления

При разработке обобщенной процедуры администрирования использован метод базирования, основанный на измерении характеристик ККС с последующим их сравнением с известной эталонной базой – набором соответствующих показателей производительности ККС, измеренных при ее работе в условиях нормальной нагрузки.

Наиболее информативный сбор показателей производительности возможен во время максимальной загрузки ККС – утром с 9.30 до 11.45 и после обеда – с 14.00 до 16.00 [1].

Для правильного составления базы необходимо определить периоды максимальной нагрузки ККС, что осуществляется путем записи значений показателя производительности сети в течение  $n$ -минутных интервалов во время обычной работы в условиях стабильной сетевой конфигурации. (При изменении конфигурации сети возможно, но не обязательно, изменение базы)

Для наглядного отображения снижения производительности ККС можно построить график отношения объема передаваемых данных к числу коллизий от времени. На рисунке 1 видно, что в секторе А возникает «конфликт», связанный с недостаточной производительностью, который внешне похож на отказ функционирования, что является потенциальной проблемой в ККС и требует немедленного реагирования системы управления.

Подобный «конфликт» означает, что за доступ к ресурсам ККС конкурирует большое количество сетевых устройств, из-за чего количество коллизий резко возрастает, а объем пере-

даваемых данных значительно снижается.

Если вышеописанная ситуация случается редко, это не является проблемой, но если это происходит часто и длительность «конфликта» велика, то качество работы ККС значительно снижается.

Система управления ККС может справиться с задачей оптимального использования ресурсов сети и снижением рисков возникновения «конфликтов», подобных описанному выше, только за счет ее интеллектуализации.

Неотложной задачей, которую необходимо решить при интеллектуализации системы управления ККС, является построение ее структурной, функциональной и математической моделей. Следует заметить, что в научной литературе этому вопросу не уделено должного внимания.

Пример структурной схемы сегмента ККС приведен на рис. 2. Структурная схема обеспечивает переход к объяснению функционального предназначения элементов, определяющих качество работы ККС, что, собственно, и лежит в основе математического представления ККС, необходимого для организации управления.

В функциональной схеме ККС, представленной на рис. 3, рассматривается поток данных, идущий в одном направлении. Пунктирными стрелками, идущими от интеллектуальной системы управления, показаны те функции ККС, управление которыми подлежит интеллектуализации.

Качество работы ККС определяется, во-первых, минимизацией временных задержек, во-вторых, отсутствием искажений при передаче данных, в-третьих, адекватной маршрутизацией внутри ККС. Под адекватной маршрутизацией

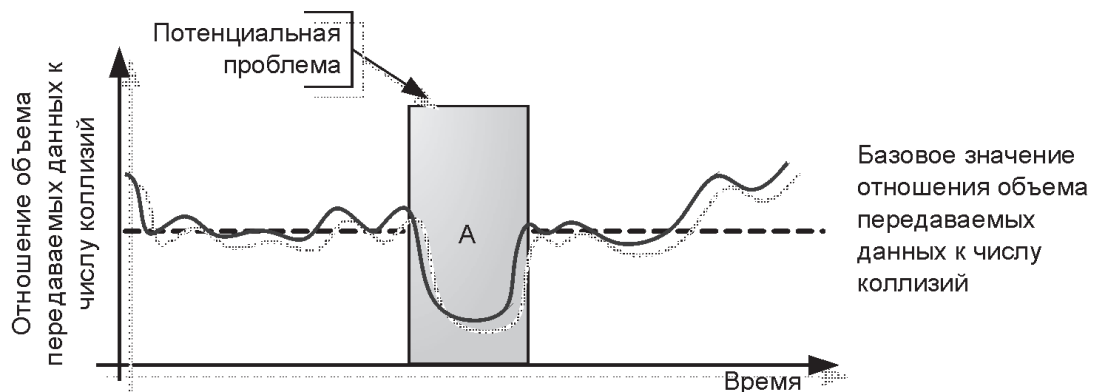


Рис. 1. Обнаружение потенциальной проблемы в ККС

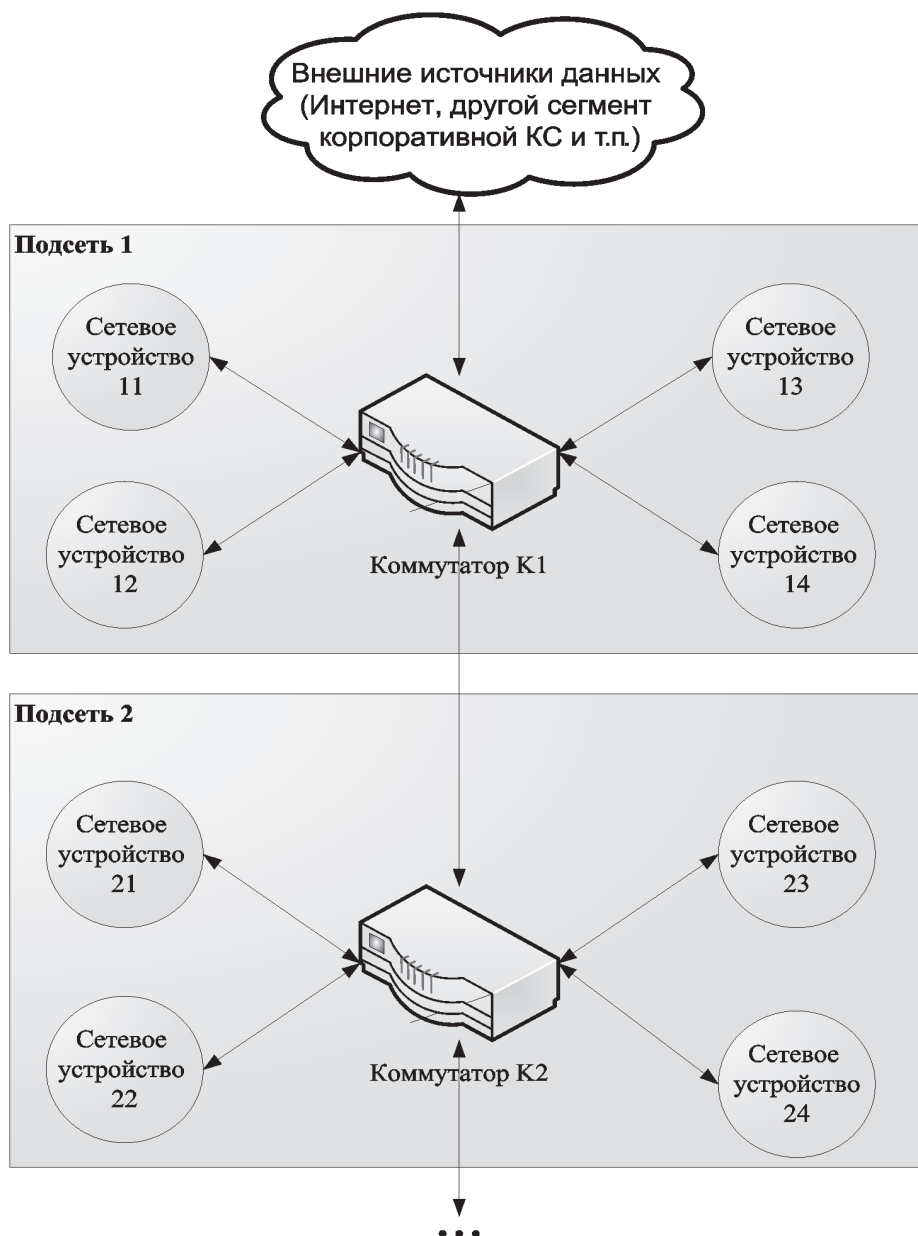


Рис. 2. Структурная схема сегмента ККС

понимают быстрое и правильное построение маршрутов передачи данных при изменении конфигурации сети или при возникновении «конфликтов».

### Математическая модель ККС

Математическая модель ККС, соответствующая функциональной схеме, изображенной на рис. 3, может быть представлена в следующем виде:

$$Y_{ij}(t) = F \{f_1(t), f_2(t), f_3(t), f_4(t), f_5(t), f_6(t) \dots\},$$

где  $Y_{ij}(t)$  – поток информации из  $i$ -го узла сети в  $j$ -й узел;  $F(t)$  – функционал – функция на множестве значений выбранных функций, опреде-

ленных в вещественных числах.

Для рассматриваемого в динамике режима управления в соответствии с принятой функциональной схемой выбраны шесть функций, определяющих функционал  $F$ :

- функция скорости передачи информации

$$f_1(t) = V(t) \cdot t \cdot [W_1(t) + W_{eq}(t) + W_{буф}(t)],$$

где  $V(t)$  – скорость передачи информации;  $W_1(t)$  – задержка информации в линиях связи;  $W_{eq}(t)$  – задержка сетевого оборудования;  $W_{буф}(t)$  – задержка буферизации коммутатора;  $t$  – текущее время;

- функция частоты перегрузки,

$$f_2 = N_{перегрузки}(t),$$

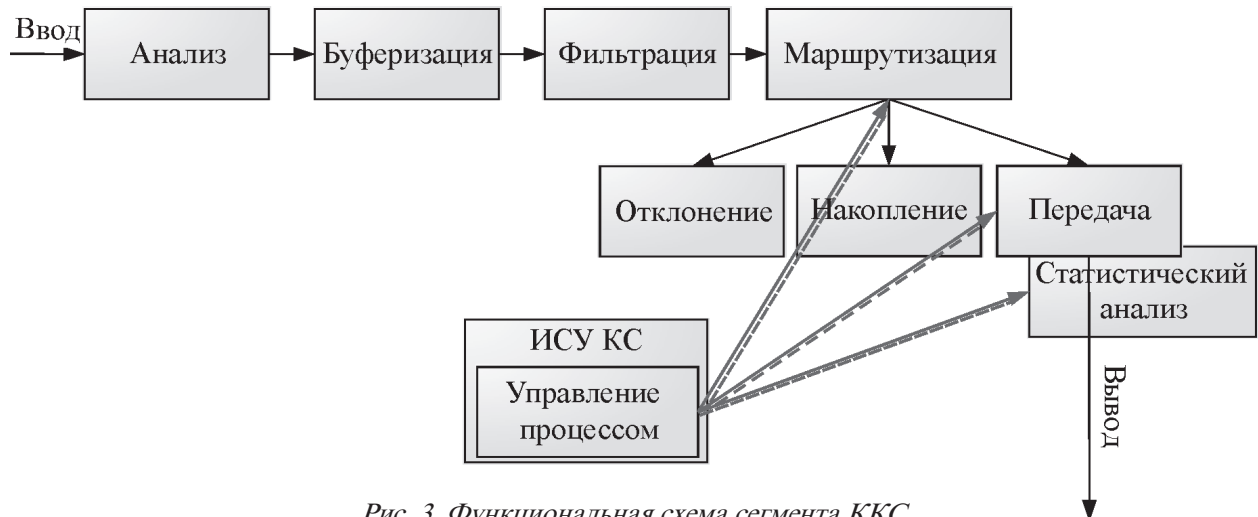


Рис. 3. Функциональная схема сегмента ККС

где  $N_{\text{перегрузки}}$  – число перегрузок;  $t$  – текущее время;

- функция информационной перегрузки буфера

$$f_3 = \sum N_{\text{буфера}}(t) |_{k_{\text{загрузки}}},$$

где  $N_{\text{буфера}}$  – количество моментов перегрузки буфера; суммирование ведется по моментам, когда параметр загрузки  $k_{\text{загрузки}} > 1$  (при  $k_{\text{загрузки}} = 0$  буфер пустой, при  $k_{\text{загрузки}} \in \{0, 1\}$  в буфере имеется информация; при  $k = 1$  буфер полностью загружен);  $t$  – текущее время;

- функция доступности сетевых устройств  $f_4(t)$ ;
- функция количества потерянных пакетов информации/данных  $f_5(t)$ ;
- функция количества ошибок при передаче информации  $f_6(t)$ .

Естественно, оптимизация производительности ККС не ограничивается шестью wybranymi функциями математической модели.

Вопрос достаточности выбора компонентов математической модели требует дополнительного исследования и не рассматривался в данной работе.

Доказано, что качество работы ККС в первую очередь определяется возможностью прогнозирования поведения ее работы, на основе которой производится оптимизация функционала  $F$  [2].

Средством интеллектуализации системы управления ККС выбрана экспертная система (ЭС), основным предназначением которой является исследование и разработка программ, использующих знания и процедуры ввода для решения задач, являющихся традиционно трудными для администраторов сети [3].

Условиями при формировании ЭС, обеспечивающими интеллектуализацию управления [4], являются:

1. Ориентация ЭС на задачи, для которых отсутствуют или неизвестны алгоритмы решения.
2. Возможность для пользователей, не владеющих языками программирования, самостоятельно разрабатывать задачи, используя свой опыт и знания.
3. Обеспечение результатов лучших, чем результаты, достигаемые администратором вручную.
4. Способность принимать решения на основании нечетких данных.
5. Способность объяснять цепочку рассуждений.
6. Способность принимать решения на основании правил, находящихся в базе знаний ЭС.
7. Способность к самообучению.

Таким образом, ясно, что аппарат экспертных систем наиболее адекватен для интеллектуализации системы управления ККС.

Интеллектуализация системы управления ККС основана на аппарате экспертных систем с использованием функций, определяющих функционал  $F$ . Предложенные функции были выявлены в результате опытного тестирования нескольких ККС на предмет обнаружения характерных «конфликтов», снижающих эффективность работы ККС. Значения функций  $f_1(t), \dots, f_6(t)$  в вещественных числах определялись при помощи параметров SNMP MIB, приведенных в правой колонке таблицы.

Для интеллектуализации ИСУ ККС была разработана архитектура ЭС, состоящая из интерфейса, базы знаний, системы принятия интеллектуального решения, базы данных и подсистемы объяснений.

Одним из основных параметров ИСУ ККС является время  $\tau$ , которое необходимо системе для сбора и анализа информации, так как ИСУ ККС должна оперативно реагировать на возникающие неполадки в сети. На основании анализа временных затрат был сделан вывод о том, что  $\tau$  является интегральным параметром, включающим:

- время сбора информации о состоянии сетевого устройства;
- время передачи информации по каналам связи;
- время обработки полученной системой ин-

формации.

Время сбора информации о состоянии сетевого устройства зависит от загруженности сетевого устройства и от объема передаваемой информации. Время передачи информации зависит от пропускной способности каналов связи и от объема передаваемой информации. Время обработки полученной системой информации может зависеть от архитектуры ИСУ ККС, аппаратного обеспечения, методов обработки данных, протокола обмена данными.

### Тестовые испытания

При проведении экспериментальных исследований в качестве системы управления базой данных (СУБД) была выбрана MySQL 5.0.19. СУБД MySQL 5.0.19, имеющая один из лучших показателей производительности как среди свободно распространяемых, так и среди коммерческих СУБД. Она имеет открытый код, поэтому его может изменять любой пользователь в зависимости от своих потребностей или предпочтений.

Разработанная для проведения тестовых испытаний ИСУ ККС (далее NIMS – Network Intellectual Management System) представляет собой программную систему, использующую в работе ЭС и Web-технологий.

NIMS разработана на языке PHP с использованием архитектуры «клиент-сервер».

Тестовое испытание NIMS было проведено на ККС Государственной публичной исторической библиотеки (ГПИБ). ККС ГПИБ представляет собой сеть, расположенную на территории девяти отдельных комплексов библиотеки, расстояние между которыми составляет около 500 м.

К компонентам сети относятся:

- межкорпусная волоконно-оптическая магистраль Single-Mode;
- корпусные магистрали, соединяющие опорные коммутаторы;
- сегменты корпусов общего назначения, к которым подключаются компьютеры малых локальных компьютерных сетей подразделений;
- изолированные маршрутизаторы сегментов крупных локальных компьютерных сетей подразделений;
- выделенная серверная подсеть в компьютер-

Таблица

| Функции, определяющие работу КС                      | Параметры SNMP MIB                                                                                                                                                                                                                |
|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| $f_1(t)$ - скорость передачи информации              | tcpInSegs<br>Icmpgs<br>udpInDatagrams<br>ipInReceives<br>udpOutDatagrams<br>...                                                                                                                                                   |
| $f_2(t)$ - частота информационной перегрузки         | ipInDiscards<br>ipOutDiscards<br>icmpInSrcQuenchs<br>icmpOutSrcQuenchs<br>...                                                                                                                                                     |
| $f_3(t)$ - информационная перегрузка буфера          | ipInDiscards<br>ipOutDiscards<br>icmpInSrcQuenchs<br>icmpOutSrcQuenchs<br>...                                                                                                                                                     |
| $f_4(t)$ - доступность сетевых устройств             | Ping time                                                                                                                                                                                                                         |
| $f_5(t)$ - количество потерянных пакетов информации  | udpNoPorts<br>udpInErrors<br>udpOutDatagrams<br>tcpInErrs<br>tcpRetransSegs<br>icmpOutParmProbs<br>icmpOutDestUnreachs<br>icmpOutErrors<br>ipReasmFails<br>ipReasmReqds<br>ipOutDiscards<br>ipInDiscards<br>ipInAddrErrors<br>... |
| $f_6(t)$ - количество ошибок при передаче информации | ipInUnknownProtos<br>ipInHdrErrors<br>icmpOutErrors<br>icmpOutDestUnreachs<br>...                                                                                                                                                 |

ном зале информационно-вычислительного центра ГПИБ.

В качестве магистрального оборудования применяются управляемые коммутаторы Cisco и Comrex.

В общей сложности ККС ГПИБ содержит 25 серверов общего назначения, 700 подключенных компьютеров и 90 единиц активного сетевого оборудования. Кабельная система имеет протяженность более 30 км. Практически все подключения происходят на скорости 100 Мбит/с.

NIMS осуществляла сбор информации о состоянии сетевых устройств с интервалом 30 мин.

Поскольку для сбора сервисной информации о состоянии сетевых устройств и для передачи основной информации используется одна и та же ККС с ограниченной пропускной способностью, то при небольшой пропускной способности ККС целесообразно увеличить интервал опроса сетевых устройств. Иначе это может привести к перебоям ККС. NIMS может настраиваться под конкретные задачи, что значительно расширяет область ее применения. Например, можно получать информацию только с определенных сетевых устройств, опрашивать сетевые устройства с любым заданным интервалом или расширить список получаемых от сетевых устройств параметров. Анализ полученной информации производится без участия сетевого администратора по заложенным заранее правилам. При необходимости сетевой администратор может изменить допустимые значения переменных или, используя подсистему объяснений, установить, каким образом было получено то или иное решение, что и определяет эффект интеллектуализации СУ ККС.

Архитектура «клиент-сервер» с применением web-технологий позволяет сетевому администратору следить за изменениями параметров ККС, оценивать качество работы ИСУ ККС и при необходимости принимать корректирующие управляющие воздействия с любой рабочей станции при помощи стандартного ПО. Сетевой администратор при необходимости может принудительно исследовать ККС при помощи модуля «Explore.php». Этот же модуль используется системой NIMS для регулярного получения ста-

тистических параметров ККС. Полученные параметры сетевых устройств записываются в базу знаний для последующего анализа.

Углубленный анализ полученных статистических параметров осуществляется в модуле «Analyze.php» при помощи ЭС, правила работы которой содержатся в базе правил и при необходимости изменяются сетевым администратором. В этом же модуле происходит построение прогноза и описание способа получения решения. Функция прогнозирования позволяет выявлять проблему в сети на ранней стадии, т.е. до того, как она становится критической для функционирования ККС. Основным результатом работы «Analyze.php» является управляющее решение, реализуемое при помощи управляющего модуля «Manage.php».

NIMS осуществляет управление ККС на основании накопленной статистической информации, хранящейся в базе данных.

### Заключение

Полученные результаты тестовых испытаний NIMS [2] подтвердили правильность принятых исходных предпосылок, показали, что использование интеллектуальных программных средств управления компьютерными сетями с оригинальной архитектурой способно обеспечить производительность сетей при наличии нестандартных сетевых проблем, близкую к производительности ККС в условиях нормальной нагрузки.

### Список литературы

1. Хелд Г. Как рассчитать пропускную способность сети? // LAN/Журнал сетевых решений. 1996. № 6. С. 35–37.
2. Бондаренко А.Д. Методы и средства разработки интеллектуальных систем управления корпоративными компьютерными сетями: Дисс. ... канд. тех. наук. М., 2007. – 155 с.
3. Гречин И.В. Технология работы экспертной системы в сети Internet/Intranet // Интеллектуальные САПР. 2001. № 4. С. 254–256.
4. Бондаренко А.Д., Леохин Ю.Л. Проектирование интеллектуальных систем управления компьютерными сетями // Вест. Моск. гос. ун-та леса. 2007. № 2 (51). С. 180–186.