

КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

ПАН ДО ИР
С КНДР

УДК 681.323

СИСТЕМА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
КОМБИНИРОВАННЫХ ЛОКАЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Специальность 05.13.13 - Вычислительные машины , комплексы
, системы и сети .

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1992



00819685 (.)

Робота виконана на кафедрі вчислительної техніки киевського
політехнічного інституту

Научний керівник: - кандидат технічних наук, доцент
СИМОНЕНКО В. П.

Офіційні опоненти - доктор технічних наук, доцент
ПЕЧУРИН Н. К.

- кандидат технічних наук
зав. відделом інституту автоматичної
ГАНУЛ А. Г

Ведуче підприємство - Інститут проблем моделювання
в енергетиці АН України.


Захист состоится "23" ноября 1992 в 15 часов на
засіданні спеціалізованого комітету Д 068.14.09 в Київському
політехнічному інституті.

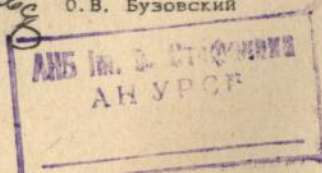
Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатю учреждения, просим направлять по адресу: 252056,
Київ-56, Перемоги, 37, КПІ, ученому секретарю.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского
політехнічного інституту

Автореферат разослан "24" октября 1992 г

Ученый секретарь
спеціалізованого комітету,
д. т. н., проф.

 О. В. Бузовский



АННОТАЦИЯ

Целью настоящей диссертационной работы является исследование и разработка системы имитационного моделирования комбинированных локальных вычислительных сетей (ЛВС), позволяющей автоматизировать этап предварительного анализа и оценки предлагаемых решений при техническом обосновании.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. исследование различных видов топологии ЛВС, негетерогенной коммутации информации, протоколов, и выделение задач, решаемых при проектировании ЛВС.

2. разработка многоуровневой системы базовых элементов.

3. разработка и исследование состава, структуры и форм взаимодействия базовых элементов. описания типовых ЛВС.

4. разработка и исследование структуры и взаимодействия обобщенных моделей анализа функционирования комбинированной ЛВС

5. разработка методов и средств анализа качества функционирования различных видов ЛВС.

6. разработка метода анализа функционирования ЛВС по частным и обобщенным критериям.

7. разработка и исследование системы имитационного моделирования ЛВС различных топологий.

8. исследование способа имитационного эксперимента анализа различных видов ЛВС на базе построенной модели.

Автор защищает следующие основные положения и результаты:

1. Принцип построения системы имитационного моделирования комбинированных ЛВС.

2. Имитационные модели базовых элементов ЛВС.

3. Алгоритмы системы имитационного моделирования и имитационного эксперимента анализа функционирования ЛВС.

4. Обобщенный критерий и частные оптимизирующие критерии для оценки качества функционирования ЛВС, метод учета степени оптимизирующего воздействия каждого критерия

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы. Бурный рост потребностей в интеграции ресурсов вычислительных систем в научно - исследовательских институтах, заводах, и иных организациях привел к появлению и развитию ЛВС. Для того, чтобы внедрение любой из ЛВС в той или иной сфере было экономически целесообразным и социально оправданным, необходимы основательная научная и инженерно - конструкторная проработка, хорошее технико - экономическое обоснование предлагаемых решений. За последние годы выполнен ряд фундаментальных работ, посвященных различным проблемам построения вычислительных сетей. Здесь следует назвать работы П.П. Акинович, А.Г. Додонов, Ю.П. Зайченко, М.А. Горбатков, В.А. Жожикашвили, Г.П. Захаров, И.А. Мизин, Э.А. Якубайтис и других.

Среди различных проблем построения ЛВС важное место занимает разработка системы моделирования ЛВС, позволяющей производить анализ и оптимизацию в широком диапазоне требований, предъявляемых к качеству функционирования ЛВС. В области моделирования ЛВС проведен ряд исследований по анализу и сравнению функционирования некоторых видов архитектуры ЛВС, структур протоколов.

Однако существует ещё комплекс проблем, среди которых значительное место занимают вопросы разработки модели, пригодной к анализу функционирования ЛВС с достаточной детализацией, проработки критериев, позволяющих оценить качество ЛВС как в целом так и по различным критериям в отдельности..

Успешное решение этой проблемы требует всесторонних исследований методов моделирования, топологии и протоколов различных ЛВС.

Данная диссертационная работа посвящена вопросам исследования и разработки системы имитационного моделирования для анализа функционирования различных видов ЛВС..

Методы исследования: методы теории массового обслуживания

, статистического и имитационного моделирования, теория графов, методы математического программирования.

Научная новизна работы.

- Предложен и развит метод декомпозиции и структурного синтеза комбинированных ЛВС, использующих общий протокол базовых подсетей.

- Метод агрегатирования перенесен на объект нового класса: коммуникационные обрабатывающие узлы комбинированных ЛВС, на основе чего разработана оригинальная структурная организация универсальной имитационной модели для исследования проектных решений.

- Предложен обобщенный критерий для оценки качества функционирования ЛВС, позволяющий выполнить количественную оценку по различным показателям качества функционирования ЛВС.

Предложены весовые коэффициенты оптимизирующих критериев для учета степени оптимизирующего воздействия каждого показателя и методы их определения.

Практическая ценность работы. Разработанная система имитационного моделирования функционирования ЛВС позволяет выполнять анализ комбинированных ЛВС и их сравнение на основе 3-х моделей базовых подсетей.

Предлагаемые обобщенные критерии позволяют наиболее точно осуществить комплексную оценку эффективности ЛВС в целом и при необходимости сравнить различные варианты ЛВС между собой в соответствии с требованиями заказчика.

Результаты исследований и разработок могут быть применены в организациях, занимающихся проектированием ЛВС, а также оптимизацией и оценкой работающих ЛВС.

Объем и структура работы. Диссертационная работа состоит из введения, 4 глав, заключения, приложения, списка литературы, содержит 71 рисунок, 7 таблиц: общий объем работы с рисунками и таблицами 203 стр.

Во введении обосновывается актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследования.

В первой главе приведен анализ существующих топологий, методов коммутации информации, методов моделирования ЛВС и указаны недостатки способа аналитического моделирования.

Во второй главе показаны основы построения системы имитационного моделирования для анализа любых видов ЛВС.

В третьей главе проведен выбор технических параметров, предложены частные и обобщенный критерии для оценки качества функционирования ЛВС.

В четвертой главе представлены алгоритмы модулей системы имитационного моделирования для анализа базовых ЛВС, приведены результаты экспериментов с помощью полученных моделей, сравнение качества функционирования базовых ЛВС.

В приложении приведен листинг программы имитационных моделей базовых ЛВС.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

ЛВС представляет собой специализированные сети с ограниченным числом служб, представляемых пользователями, и расстояниями между абонентами, достигающими нескольких десятков километров. ЛВС состоит из коммуникационной подсети и узлов (абонентов или станций). Коммуникационная подсеть (КПС) представляет собой совокупность физической среды, программных и аппаратных средств, обеспечивающих передачу информации между группой абонентских систем (рис. 1).

Базовыми КПС являются моноканал (МК), одноузловая подсеть (ОУ), циклическое кольцо (ЦК). Остальные виды КПС получаются лишь соединением этих трех базовых подсетей с помощью межсетевых узлов или изменением географической топологии (рис. 2).

Выполненный в работе анализ существующих методов аналитического моделирования информационной сети показывает невозможность применения этих методов в исследовании любых видов ЛВС и их комбинаций. Это приводит к необходимости разработки новых методов, позволяющих выполнить моделирование новых видов ЛВС, включая комбинированные сети.

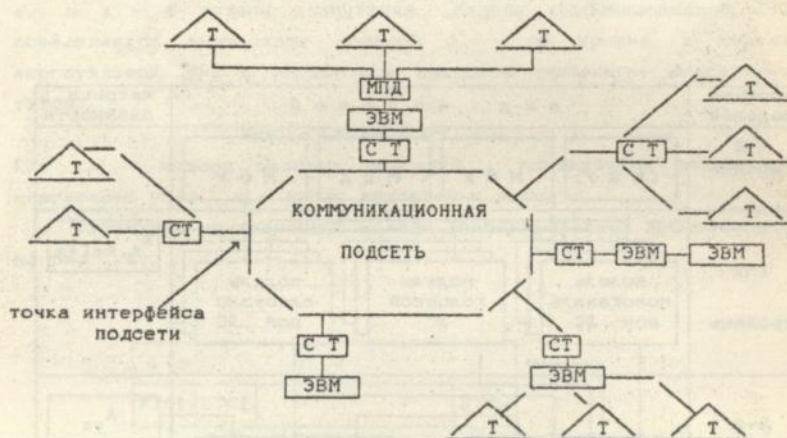


Рис. 1. Структура ЛВС.

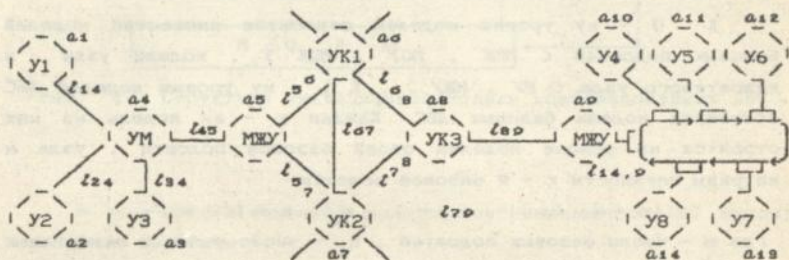


Рис. 2. Структура комбинированной ЛВС.

Предложенный принцип построения системы инициационного моделирования, принятый в работе, показан на рис. 3.

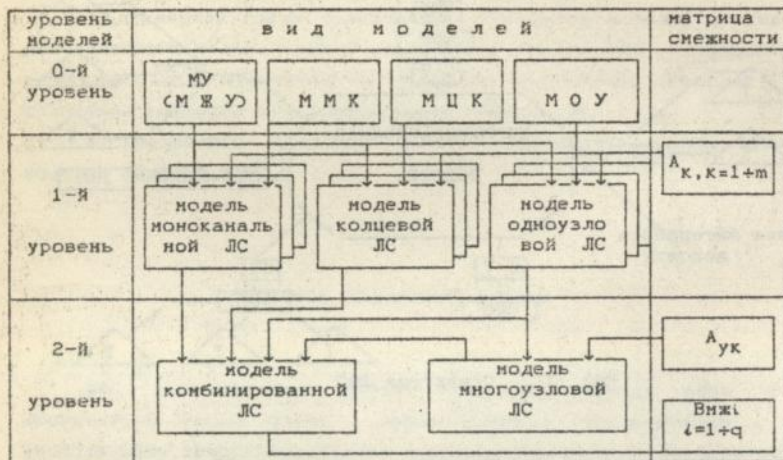


Рис. 3. Принцип конфигурации разных видов ЛС

К 0 - ну уровню моделей относятся множество моделей базовых подсетей (ММК, МОУ, МЦК), модели узла и нежсетевое узла (МУ, МЖУ). К 1 - ну уровню моделей ЛВС относятся модели базовых ЛВС. Каждая k - ая модель из них строится на основе моделей своей базовой подсети, узла и матрицы смежности k - й базовой подсети

$$A_k = \|\Delta_j\|, \quad i, j = 1 \dots n_k, \quad k = 1 \dots m,$$

где m - число базовых подсетей, n_k - число узлов и нежсетевых узлов k - й базовой подсети, Δ_j - длина канала связи между i - и j - и узлами, подключёнными к k - й базовой подсети.

На 2 - м уровне моделей строятся модели многоузловой и комбинированной ЛВС. Модель многоузловой ЛВС строится с помощью модели одноузловой ЛВС и матрицы смежности узлов коммутации (УК)

$$\Delta_{ij} = \|\Delta_j\|, \quad i, j = 1 \dots p,$$

где p - число узлов коммутации, Δ_j - длина канала связи между i -м и j -м узлами коммутации. Модель комбинированной ЛВС определяется множеством моделей 1-го уровня, модели многоузловой ЛВС и множеством векторов смежности нешетевых узлов

$$V_{ij} = \langle e, f \rangle, \quad i=1 \dots q,$$

где e, f - номера базовых подсетей, соединённых через i -й нешетевой узел, q - число нешетевых узлов.

Структура имитационной модели комбинированных ЛВС показана на рис. 4.

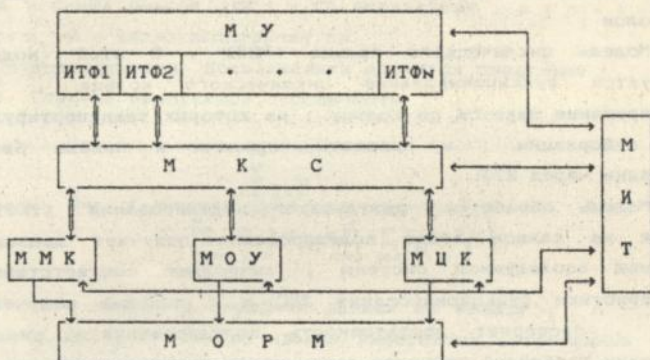


Рис. 4. Структура имитационной модели комбинированных ЛВС.

В состав имитационной модели комбинированных ЛВС входят следующие элементы:

1. Модель узла (МУ), в которой имитируется функционирование абонентских систем (станций), т.е. генерации интервалов времени между заявками, номеров адресата, длины генерируемых информационных, их приоритета и формирование блоков информации, процесс передачи и приёма блока информации;

2. Модель конфигурации ЛВС (МКС), которая воспроизводит многоузловую и комбинированную топологию ЛВС с помощью матрицы

сложности и определяет маршрут $P(a_i, a_j)$ между источником и адресатом на основе алгоритма выбора кратчайших путей в графе.

В соответствии с этим маршрутом определяются связи между коммуникационными подсетями и поток блоков информации направляется по этому пути ;

3. Модель моноканала (ММК) . ММК имитирует процесс функционирования узла моноканала (УМ) , т.е. процесс захвата среды передачи узлом , процесс передачи блоков информации , обработки столкновения и ошибок передачи ;

4. Модель одноузловой подсети (МОУ) . Которая имитирует процесс коммутации и обработки блоков информации в УК одноузловой коммуникационной подсети , и процесс передачи блоков информации между МУ и УК в соответствии с данным протоколом ;

5. Модель циклического кольца (МЦК) . В этой модели имитируется функционирование циклического кольца , т.е. циркулирование пакетов по кольцу , на которых транспортируются блоки информации , и процессы передачи и приема блоков информации через ИТФ ;

6. Модель обработки результатов моделирования (МОРП) , которая на каждом этапе моделирования получает данные о поведении исследуемой системы , вычисляет соответственные характеристики функционирования ЛВС и с помощью полученных данных , проверяет достаточность моделирования , и при достижении требуемой точности заканчивает процесс моделирования ЛВС и вычисляет обобщенные критерии ЛВС ;

7. Модель инстанций (МИТ) , которая управляет процессом моделирования ЛВС в целом , т.е. определяет последовательности переходов между разными моделями в соответствии с выходными состояниями функционирующих моделей .

Для оценки качества ЛВС предложена обобщенная характеристика

$$K = \max_{u=1}^m R_u \cdot \left[\sum_{v=1}^n K_v R_v + \sum_{x=n+1}^{n+1} K_x (1-R_x) \right]$$

где : R_u - степень выполнения u -го обязательного требования ;

$$R_u = \begin{cases} "0" & \text{при невыполнении } u\text{-го требования ,} \\ "1" & \text{при выполнении } u\text{-го требования ;} \end{cases}$$

R_v - степень выполнения v -го показателя, приближается к 1 по мере улучшения качества ЛВС ; $R_v = 0+1$;

R_x - степень выполнения x -го показателя, приближается к 0 по мере улучшения качества ЛВС ; $R_x = 0+1$;

m - число обязательных требований ;

n - число оптимизирующих показателей R_v ;

l - число оптимизирующих показателей R_x .

Весовой коэффициент K_i для каждого i -го показателя определяется из следующего выражения ;

$$K_i = \frac{2}{p} - \frac{2 a_i}{m(p+1)} ,$$

где a_i - сумма рангов для i -го показателя, $p = n + l$ - число критериев, m - число экспериментов.

Оптимизирующими показателями являются следующие :

1) Степень пропускной способности

$$R_{v1} = \frac{\sum_{i=1}^n P_i \sum_{j=1}^{P_i} \ell_{ij}}{C \left[\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{P_i} t_{d_{ij}} + \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{P_i} T_{ij} + n P_i \tau \right]}$$

где C - скорость передачи данных по каналу ; n - число станций в ЛВС ; P_i - число блоков информации, переданных с i -й станции ; ℓ_{ij} - длина полезной части j -го блока информации (БДЕ) i -й станции, $t_{d_{ij}}$ - время доступа к среде передачи ; T_{ij} - время успешной передачи БДЕ j с i -й станции в ЛВС ; τ - максимальное время распространения сигнала в среде .

2) Степень безошибочных блоков информации .

$$R_{v2} = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{Ош}i}}{\sum_{i=1}^n P_i} , \text{ где } P_{\text{Ош}i} - \text{число}$$

блоков информации, переданных с i -й станции с ошибками .

3) Степень использования канала в ЛВС ,

$$R_{\text{вз}} = \frac{1}{\gamma T} \sum_{k=1}^{\gamma} \sum_{l=1}^{n_k} (T_{k,l} + \tau)$$

здесь γ - число каналов в ЛВС ; $T_{k,l}$ - интервал времени передачи БДЕ $_{l}$ на k -м канале ; n_k - число БДЕ на k -м канале ; T - общий интервал времени .

4) Степень выполнения требования по стоимости ЛВС ,

$$R_{\text{хз}} = \frac{W_T + W_K + W_{\text{ук}} + W_{\text{КТ}}}{W}$$

где W - планируемая сумма ; W_T - суммарная стоимость станций в ЛВС , W_K - суммарная стоимость каналов ЛВС ; $W_{\text{ук}}$ - суммарная стоимость узлов коммутации ; $W_{\text{КТ}}$ - суммарная стоимость контроллеров ЛВС .

5) Степень средней задержки ожидания блока информации в ЛВС

$$A = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{p_i} X_{i,j}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{p_i} (X_{i,j} + Y_{i,j})}$$

$X_{i,j}$ - задержка ожидания передачи БДЕ $_{j}$ на i -й станции ; $Y_{i,j}$ - интервал времени обработки БДЕ $_{j}$ в ЛВС .

6) Степень среднего времени доступа к каналу .

$$R_{\text{хз}} = \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{p_i} t_{d_{i,j}}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{p_i} (X_{i,j} + t_{d_{i,j}} + T_{i,j} + \tau)}$$

С помощью разработанной системы имитационного моделирования ЛВС проведены имитационные эксперименты для оценки функционирования ЛВС .

Общими входными переменными для моделей всех базовых ЛВС являются следующие :

1) скорость передачи информации по каналу $C = 10$ Мбит/с ,

II

- 2 > число станции в базовых ЛВС $N = 8$,
- 3 > средняя длина информации на станции $L = 2$ байт,
- 4 > вероятность появления ошибки передачи $E = 0.1$ Мбит⁻¹
- 5 > максимальная длина канала связи $r = 4$ км,
- 6 > планируемая стоимость базовой ЛВС $W = 10^3$ тыс.руб.,
- 7 > интенсивность потока информации на станции
 $\lambda = 50 - 3050$ 1/с.

На рис. 5 показана зависимость обобщенной характеристики от интенсивности потока информации. Здесь кривая 1 - зависимость в случае моноканальной ЛВС, кривая 2 - в случае кольцевой ЛВС, кривая 3 - в случае одноузловой ЛВС.

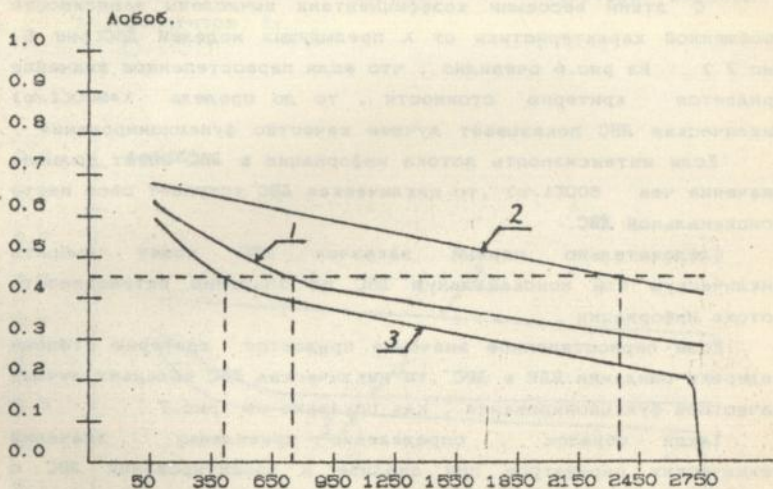


Рис. 5. Зависимость обобщенной характеристики от интенсивности потока информации

С помощью этого графика можно определить максимальное значение интенсивности потока информации λ с обеспечением

требуемого качества функционирования в базовых ЛВС. Допустим, что каждая базовая ЛВС требует обладать обобщенной характеристикой не меньше 0.45. Тогда из рис.5 видно, что при проектировании ЛВС придется ограничить интенсивности потока информации примерно до 400 [1/с] в одноузловой ЛВС, 750 [1/с] в моноканальной ЛВС, 2350 [1/с] в кольцевой ЛВС.

Допустим, что самым важным критерием для первого заказчика ЛВС является степень выполнения требования по стоимости и для второго заказчика ЛВС - степень средней задержки ожидания БДЕ в ЛВС.

Обозначим множество весовых коэффициентов для первого заказчика знаком K_1 , а для второго заказчика - K_2 . В этом случае два множества коэффициентов K_1 и K_2 могут быть определены по методу экспертных оценок для каждого заказчика (таблица).

С этими весовыми коэффициентами вычислены зависимости обобщенной характеристики от λ предыдущих моделей ЛВС (рис. 6, рис. 7). Из рис.6 очевидно, что если первостепенное значение придается критерию стоимости, то до предела $\lambda=800(1/с)$ циклическая ЛВС показывает лучшее качество функционирования.

Если интенсивность потока информации в ЛВС имеет большее значение чем $800(1/с)$, то циклическая ЛВС уступает свое место моноканальной ЛВС.

Следовательно первый заказчик ЛВС может выбрать циклическую или моноканальную ЛВС по значению интенсивности потока информации.

Если первостепенное значение придается критерию степени задержки ожидания БДЕ в ЛВС, то циклическая ЛВС обладает лучшим качеством функционирования, как показано на рис.7.

Таким образом, определение приемлемых значений технических параметров при анализе и проектировании ЛВС с помощью системы имитационного моделирования зависит от требуемого целостного качества функционирования ЛВС, от весовых коэффициентов, которые учитывают первостепенности критериев и определяются заказчиком ЛВС.

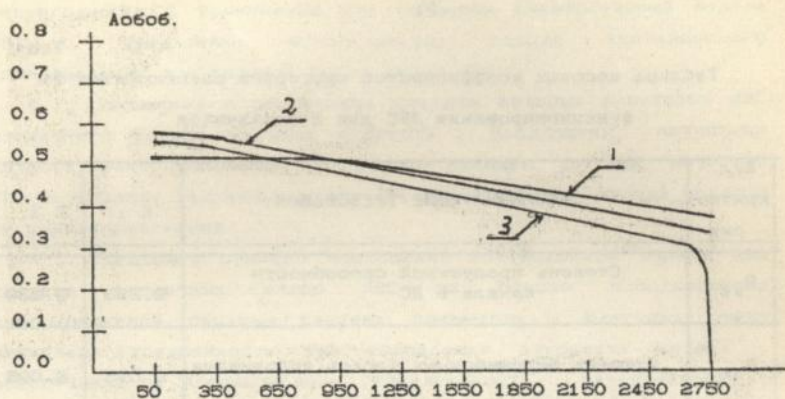


Рис. 6. Зависимость обобщенной характеристики от интенсивности потока информации с множеством весовых коэффициентов K_1 .

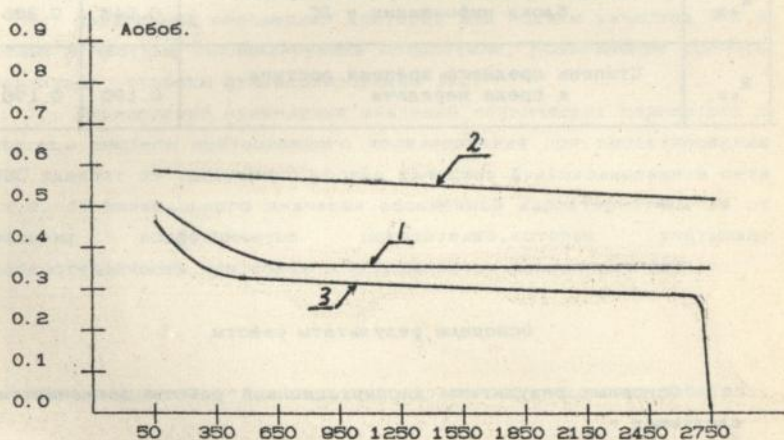


Рис. 7. Зависимость обобщенной характеристики от интенсивности потока информации с множеством весовых коэффициентов K_2 .

Таблица весовых коэффициентов критериев оценки качества функционирования ЛВС для 2 заказчиков .

| Вид критерия | ОПТИМИЗИРУЮЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ | К ₁ | К ₂ |
|-----------------|---|----------------|----------------|
| R _{v1} | Степень пропускной способности канала в ЛС | 0.238 | 0.238 |
| R _{v2} | Степень безошибочных блоков информации | 0.095 | 0.095 |
| R _{v3} | Степень использования канала в ЛС | 0.143 | 0.143 |
| R _{x1} | Степень выполнения требования по стоимости ЛС | 0.286 | 0.048 |
| R _{x2} | Степень средней задержки ожидания блока информации в ЛС | 0.048 | 0.286 |
| R _{x3} | Степень среднего времени доступа к среде передачи | 0.190 | 0.190 |

Основные результаты работы

Основные результаты диссертационной работы заключаются в следующем :

1 . На основании анализа известных методов моделирования информационной сети исследованы их особенности и выявлена

непригодность к применению для создания универсальной модели ЛВС, предложено использование метода имитационного моделирования для анализа любых видов ЛВС.

2. Предложена и обоснована система базовых элементов ЛВС различного уровня базовых подсетей. Предложены матричные представления топологий ЛВС, с помощью которых возможно синтезирование различных видов ЛВС и построения модели анализа ее функционирования.

3. Предложен принцип построения имитационной модели для анализа различных видов ЛВС на основе использования многоуровневой системы базовых элементов, благодаря чему снижается трудоемкость при разработке алгоритма модели, обеспечиваются специализация, комплексность, варьированность, детализация модели ЛВС.

4. Разработаны и испытаны имитационные модели и алгоритмы построения базовых элементов ЛВС, на основе чего разработана модель комбинированной ЛВС, позволяющая анализировать любую конфигурацию сети.

5. Предложена система описания функционирования ЛВС для моделирования.

6. Предложены обобщенный критерий для оценки качества ЛВС в целом и частные оптимизирующие показатели, позволяющие оценить различные стороны функционирования ЛВС.

7. Определение приемлемых значений технических параметров с помощью системы имитационного моделирования при проектировании ЛВС зависит от требуемого уровня качества функционирования сети (т.е. от минимального значения обобщенной характеристики Σ и от весовых коэффициентов показателей, которые учитывают первостепенность критериев и определяются заказчиком ЛВС).

Основное содержание диссертации отражено в следующих работах:

1. Pan Do Il. Simulation of Local Area Network. / Report of University of Pyongyang. 1990. - N 8. p. 45-50 (DPRK).
2. Pan Do Il. A performance comparison of LAN by common characteristic. / Pro. in a seminar of University of Pyongyang.

АН УРСР

1991, - N 7 (DPRK).

3. Pan Do Il .An analysis of the complexed LAN based on imitation model. / Automation . 1991. - N 9. p.32-39 (DPRK).

Автор

Л.С.Р.

ИД № 5-7-4-2011
1396 HA

Подписано в печать 8.10.92г Формат 60x84/16
Бумага писчая. Усл.печ.л. 1,0. Тираж 100 экз.Заказ №1553

Отпечатано ЦУОП ГНПП "Плодвинконсерв" г.Киев,Саксаганского,1

41.7823

AB 25.779

31