

УДК 519.95

## МОДУЛЯЦИЯ МЯГКИХ ТОПОЛОГИЙ ИНФОРМАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ПАРАМЕТРАМИ ВХОДНОГО ПОТОКА

© Р.И. Пасечников, И.И. Пасечников

*Ключевые слова:* телекоммуникационная сеть; виртуальная сеть; сетевая модуляция; структурные характеристики; информационные параметры входного трафика; логическая структура сети; режим параллельной передачи. В работе приведена методология управления структурными характеристиками телекоммуникационных сетей информационными параметрами входных потоков.

Под информационной сетью (ИС) понимается телекоммуникационная сеть, в которой осуществляется восприятие, обработка, хранение и передача пакетов сообщений от их отправителей до получателей. Модуляция – процесс изменения по закону передаваемого сообщения параметров высокочастотного колебания (амплитуды, частоты, либо фазы) – является объектом рассмотрения физического уровня ЭМВОС. В результате её применения становится возможной передача сообщений на большие расстояния посредством радиоволн.

Аналогично, для эффективной передачи пакетов «на большое расстояние» через ИС предлагается осуществлять модуляцию параметров сетей характеристиками трафика. Этот процесс будем называть сетевой модуляцией. В частности, в качестве варианта сетевой модуляции может являться изменение структурных характеристик, предварительно формируемых виртуальных сетей.

В работе [1] показана возможность организации виртуальных сетей с режимом параллельной передачи в них пакетов сообщений. Результаты моделирования показывают эффективность такого метода трансляции пакетов в условиях средней информационной нагрузки. Так как объем передаваемого сообщения определяет требуемый ресурс формируемой для него виртуальной сети, то необходимо не только регулировать степень использования коммуникационных устройств в сети (доли использования пропускных способностей), но и определять размеры, конфигурации виртуальных сетей в зависимости от вида передаваемого трафика, объема сообщений.

На рис. 1 приведено качественное представление построения виртуальных сетей, определяемых, например, значениями интенсивностей входных потоков  $\Lambda_i(t)$  различных сообщений.

Особенностями параллельной передачи в виртуальных сетях являются:

1. Сообщение передается блоками (пакеты или группы пакетов, направляемых по одному маршруту), которые используют не одиночный, выбранный по какому-либо критерию, виртуальный путь (канал), а сформированную для этой цели виртуальную сеть. Каждый блок передается по непересекающимся мар-

шрутам – путям виртуальной сети. Это условие может, на первый взгляд, противоречить теореме Л. Клейнрока [2] о концентрации потоков. Однако для ИС, в которых имеет место избыточная топология с параллельными и пространственно разнесенными виртуальными путями, идея концентрации потоков не учитывает метод повышения информационной эффективности сети за счет пространственного фактора и принципа параллельной передачи пакетов.

2. Блоки сообщения, с целью повышения помехоустойчивости и решения ряда других задач, могут преобразовываться в широкополосный радиосигнал путем использования псевдослучайных последовательностей (ПСП). При ограниченной полосе частот каналов связи это приведёт к уменьшению скорости передачи информации. Однако трансляция пакетов по параллельным путям в виртуальной сети позволит сохранить заданную фиксированную скорость передачи сетью. Таким образом, эта особенность позволяет повысить помехоустойчивость ИС без потери ее скоростных возможностей.

3. «Передающая» и «приемные» стороны ИС представляются подсетями 1-го уровня и являются верхней и нижней, соответственно, гранями нечеткой структуры ИС (вариант сети показан на рис. 2). Верхняя подсеть «разбивает» сообщение на блоки и распределяет их в направлении адресата. Нижняя – фильтрует пакеты, собирает их в сообщение, основываясь на информации согласованных фильтров. На передающей стороне (верхняя грань) осуществляется режим многоканальной передачи, на приемной (нижняя грань) – прием сообщений. Ретрансляционные узлы могут не использовать многоканальный режим передачи.

4. Перед трансляцией пакетов сообщения осуществляется настройка ИС на передачу, путем формирования виртуальной сети в зависимости от требований к качеству обслуживания, его размера, соответствию типу трафика с определенной интенсивностью. Эта особенность отображает сетевой модуляционный процесс.

Указанные основные особенности передачи в виртуальных сетях могут быть реализованы на основе применения теории нечетких подмножеств, например, используя расширение ее в смысле Гогена, путем отображения некоторого универсального множества на структуре функций принадлежности (рис. 2).

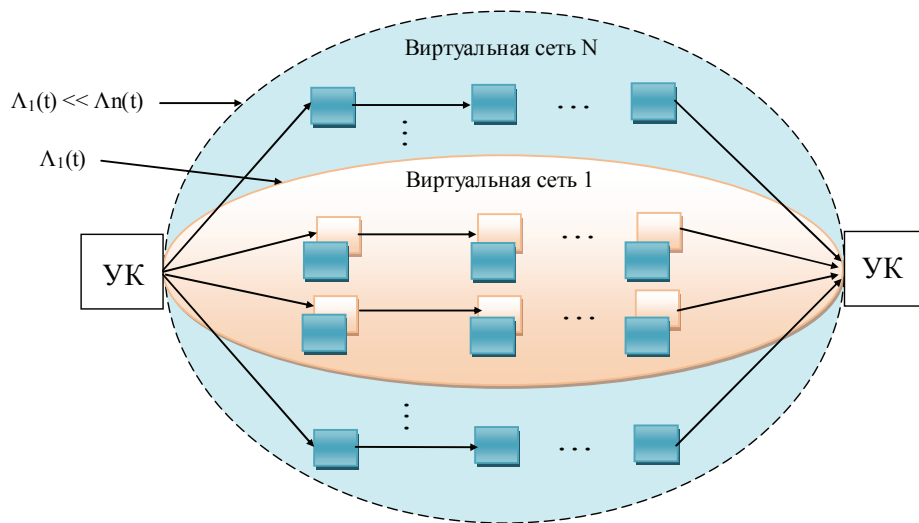


Рис. 1. Передача информации по виртуальным сетям

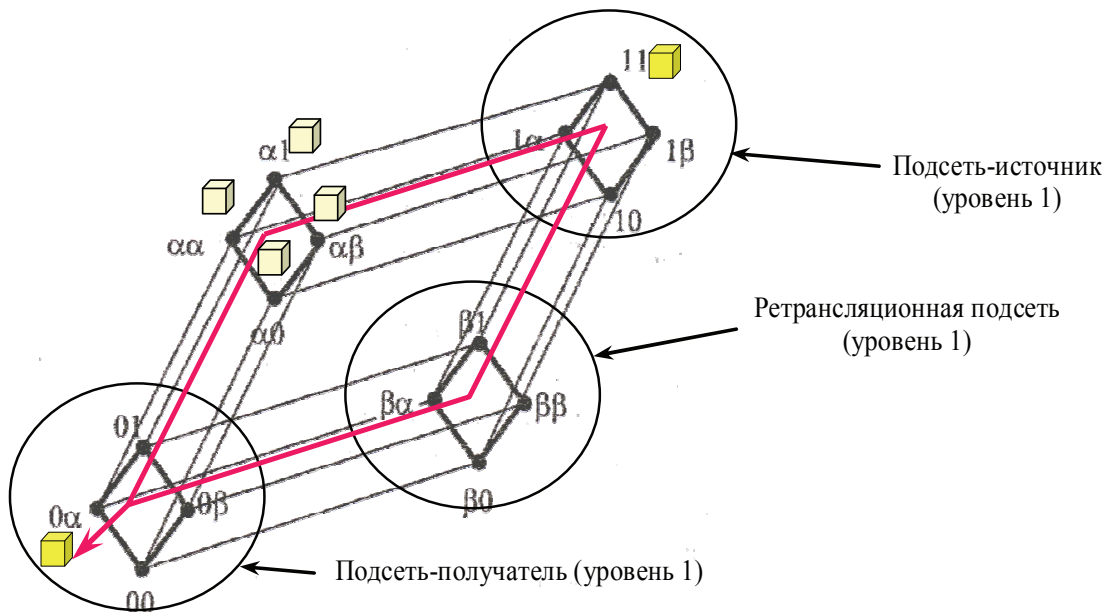


Рис. 2. Передача пакетов в регулярной виртуальной сети с использованием принципа параллельности

Структурная схема ИС с виртуальными сетями (рис. 3), реализующая режим параллельной передачи и сетевую модуляцию, включает в себя, помимо спецвычислителей, базу данных передаваемых категорий сообщений (что очень важно с учетом требований NGN-сетей), базу данных топологий виртуальных сетей. С целью осуществления сетевой модуляции, с учетом базы данных сообщений осуществляется определение категорийности входящего сообщения, вычисляется потребный ресурс виртуальной сети и далее решается задача ее настройки ИС под необходимые структурные параметры.

Известно, поток сообщений определенного типа имеет свои статистические характеристики. К ним относятся средняя интенсивность и характер поступления

трафика, размеры передаваемых пакетов, требования к синхронности, скорости передачи, времени задержки пакетов, верхняя граница джиттера, вероятность потерь пакетов и др. Сообщения могут отличаться большими размерами и одновременно с этим иметь одинаковые требования к временной задержке и к значению джиттера (например, передача речи и видеoinформации в реальном времени). В этом случае, независимо от одинаковости требований, из-за различного типа сообщений в результате настройки ИС будут иметь место разные виртуальные сети. С целью обеспечения гарантированной доставки с заданным качеством обслуживания, очевидно, необходимо использовать систему приоритетов при обслуживании.

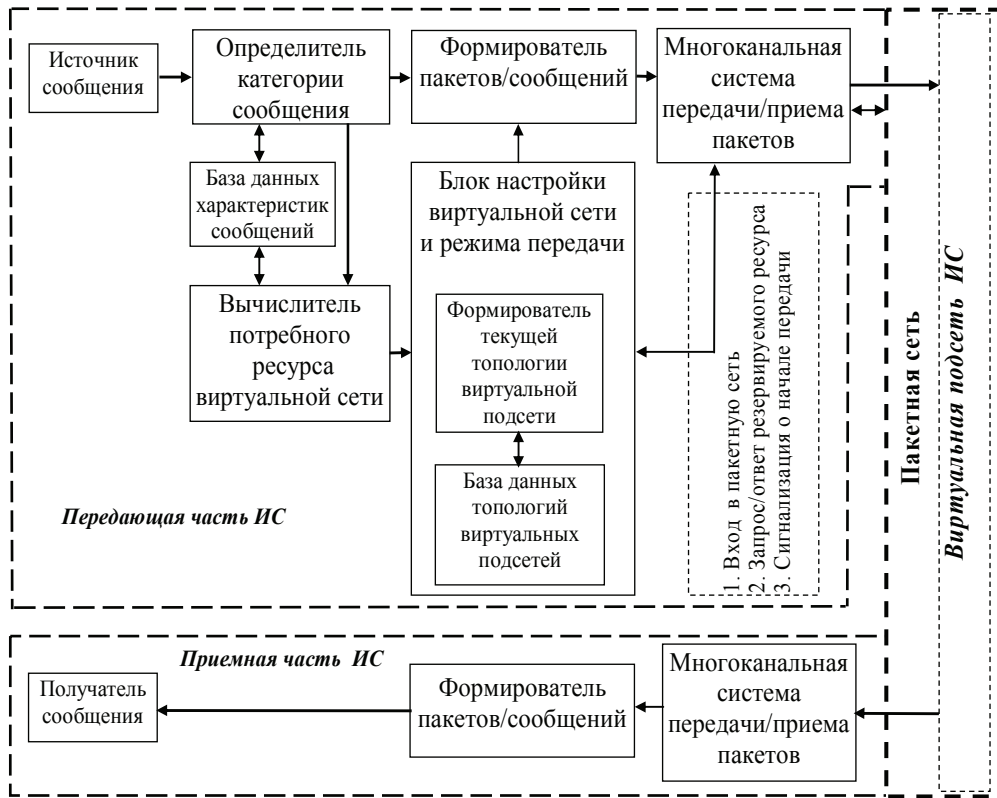


Рис. 3. Структурная схема ИС с виртуальными подсетями

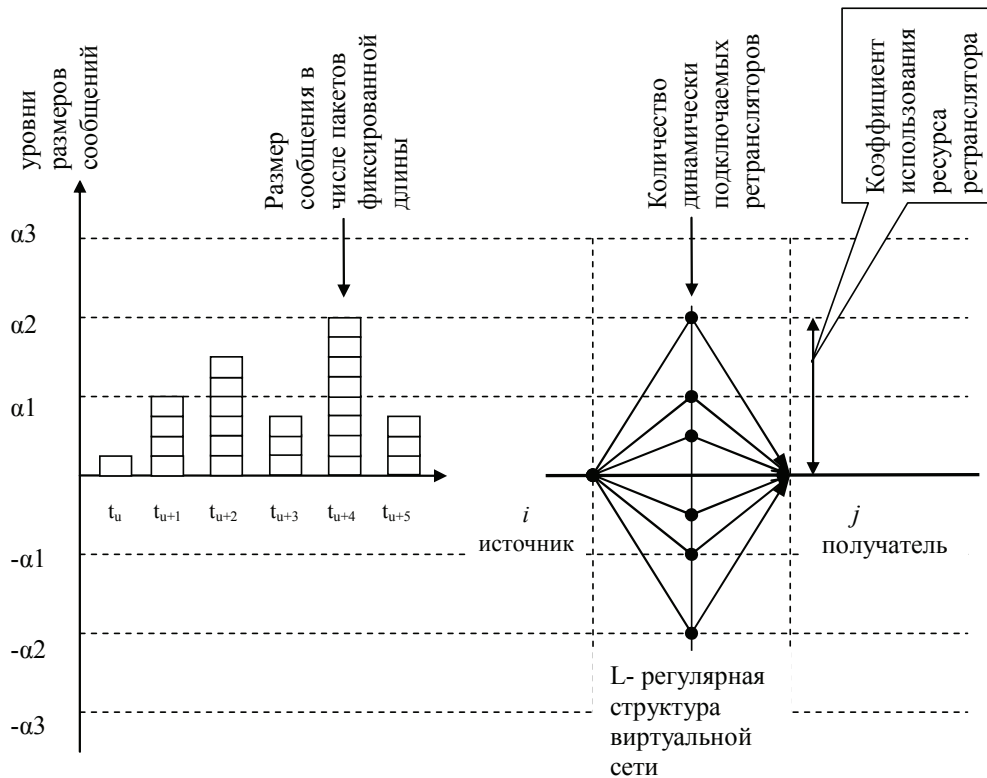


Рис. 4. Пояснения модуляции размерами сообщений параметром связности регулярной структуры виртуальной сети

В дополнение к этому, в случае, когда интегрированная система имеет неоднородные каналы, т. е. каналы связи с существенно отличающимися характеристиками, необходимо их использовать в зависимости от степени загрузки, применять при этом статистическое мультиплексирование потоков. Если неоднородность отсутствует, то ее можно имитировать виртуальными сетями, обладающими производительностью значительно выше одного виртуального соединения за счет формирования  $n$  параллельных, непересекающихся путей. Для реализации сетевой модуляции количество параллельных каналов в сети со структурной избыточностью должно определяться объемом входящих сообщений и их интенсивностью. Связь «характеристика потока – характеристика сети» должна осуществляться механизмом (на практике – совокупностью протоколов) управления параметрами сети характеристиками трафика. На рис. 4 показано, что каждый уровень размера сообщения (при условии одинаковости их приоритетов) должен соответствовать определенному коэффициенту использования ресурса ретранслятора. Очевидно, количество задействованных ретрансляторов и резервируемый ими ресурс кибернетической мощности [3] (в простейшем случае пропускной способности канала, емкости буферных устройств, вычислительных ресурсов и др.) определяет глубину модуляции избыточной топологии сети.


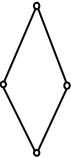
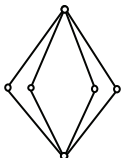
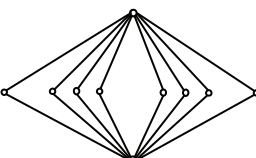
Для формирования возможных виртуальных сетей необходимо, чтобы в системе постоянно велись таблицы виртуальных подсетей (табл. 1). На их основе каждый узел источника сообщений в направлении адресата формирует регулярную структуру с мягкими подмножествами. Она представляет собой, в общем, многотранзитную сеть, в которой до узла адресата имеется непустое множество параллельных (непересекающихся) путей. Каждый путь, оцениваясь значением функции принадлежности к сети  $\mu_{\alpha}$ , которая попадая в интервал  $[\mu_{\alpha_i}, \mu_{\alpha_{i+1}}]$ , в соответствии с теоремой декомпозиции (для нечетких или мягких подмножеств) заносится в подсеть  $\alpha_i$ -уровня. Каждая такая сеть имеет только свое, допустимое количество параллельных путей для передачи информации. При фиксированных значениях пропускных способностей составных каналов (непересекающихся путей) уровни подсетей будут распределены в соответствии, например с вариантом в табл. 1. Для ее построения используется таблица связности с учетом качества линий связи.

Исходя из возможных типов сообщений, основываясь на базе данных, определенных потребных сетевых кибернетических мощностей каждым узлом источником на основе сведений топологии, формируются таблицы виртуальных сетей для возможных адресатов.

Реализация сетевой модуляции избыточной мягкой топологии возможна при постоянном контроле и резервировании ресурса сети в целом. Это должно осуществляться путем передачи ресурса узлами-соседями узлу-источнику в виде кванта кибернетической мощности (либо в другой единице кванта ресурса). Каждый выделяемый квант позволяет узлу-источнику определить значение функции принадлежности  $\mu_{\beta_i}$  к доступности использования ресурса узла и построить, таким образом, мягкую топологию виртуальной подсети для каждого вновь поступающего сообщения.

Таблица 1

Соответствие структуры уровню виртуальной сети

Уровень виртуальной сети	Тип сообщения, передаваемого по виртуальной сети (количество пакетов / требования к временной задержке, с)	Структура виртуальной сети
$\alpha_0$	1 / 0,5	
$\alpha_1$	2–4 / 0,5	
$\alpha_2$	8–16 / 0,5	
$\alpha_3$	32–64 / 0,5	

В работе рассмотрен общий аспект, развивая идеи модуляции на сетевой уровень. Дано понятие сетевой модуляции и пример ее реализации, в основу которой положено управление характеристиками топологии сети потоками сообщений.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Хворов А.А., Пасечников И.И., Мишина Л.А. Метод ускоренной передачи информации с организацией виртуальных подсетей // Информационные системы и процессы: сб. науч. тр. / под ред. проф. В.М. Гютюнника. Тамбов; Москва; Санкт-Петербург; Баку; Вена: Изд-во «Нобелистика», 2009. Вып. 8. С. 9-19.
2. Клейнрок Л. Коммуникационные сети (стохастические потоки и задержки сообщений): пер. с англ. М.: Наука, 1970. 256 с.
3. Пасечников И.И. Методология анализа и синтеза предельно нагруженных информационных сетей. М.: Машиностроение-1, 2004. 216 с.

Поступила в редакцию 20 ноября 2009 г.

Pasechnikov R.I., Pasechnikov I.I. Modulation of soft topology of information networks in parameters of an entrance stream.

In the work management methodology of structural characteristics of telecommunication networks in information parameters of entrance streams is resulted.

*Key words:* telecommunication network; virtual network; network modulation; structural characteristics; information parameters of the entrance traffic; logic structure of a network; mode of parallel transfer.