



Рисунок 2. Перераспределение ресурса тракта

Для распределения ресурса тракта между сигнальным каналом и совокупностью информационных каналов должен быть выработан некоторый адаптивный механизм управления скоростями сигнальной информации и информации пользователя. Он может быть основан, например, на результатах теории игр автоматов.

Значения коэффициента корреляции α , учитывающего пачечность сигнального трафика, могут быть вычислены на основании оценки

параметров трафика для различных служб, или определены экспериментально.

6. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанный метод позволяет в Ш-ЦСИО с помощью введенного коэффициента отношения информационной и сигнальной скоростей оценивать производительность сигнального виртуального канала. При этом можно определить суммарную пропускную способность всех информационных трактов, обслуживаемых этим SVC, а также учитывать нагрузку на звено сигнализации, создаваемую дополнительными услугами.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Лазарев В.Г., Интеллектуальные цифровые сети. М.: Финансы и статистика, 1996 – 224 с.
- [2]. Назаров А.Н., Симонов М.В. АТМ: технология высокоскоростных сетей. М.: Экотренз, 1998-234с.
- [3]. Шварц М. Сети ЭВМ. Анализ и проектирование. М.: Радио и связь, 1981 – 336 с.
- [4]. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями М.: Мир, 1979 - 600 с.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ОПТИЧЕСКИХ СЕТЕЙ ПЕРЕНОСА НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСА АППАРАТНЫХ И ПРОГРАММНЫХ СРЕДСТВ ЦИФРОВОЙ АТС АТСЦ-90

И.Е. Никульский

Ленинградский отраслевой научно-исследовательский институт связи (ЛОНИИС),
ул. Варшавская, 11, Санкт-Петербург, 196128, РОССИЯ

Сокращение протяженности кабелей с металлическими жилами, частичная либо полная их замена световодными линиями на участке сети абонентского доступа является важным и актуальным направлением модернизации существующих и строительства новых цифровых телекоммуникационных систем.

Это дает улучшение качественных и экономических показателей сетей доступа, а также обеспечивает предоставление абонентам новых услуг.

Одним из возможных путей решения данной задачи представляется создание оптической сети переноса – фрагмента сети абонентского доступа, расположенного на участке между цифровой коммутационной системой и точками концентрации нагрузки [1].

Внедрение в сетях Российской Федерации

разработанного в ЛОНИИС комплекса аппаратных и программных средств городской электронной АТС – АТСЦ-90 наглядно показало актуальность строительства оптических сетей переноса (СП), объединяющих центральную станцию, расположенную, как правило, в районном центре и вынесенные абонентские цифровые концентраторы (АЦК) различной емкости – от 128 до 1000 номеров, устанавливаемые на значительном удалении от АТС, в местах повышенной абонентской плотности, размещенные как в городских районах, так и в сельских населенных пунктах [2].

Традиционно оптические сети переноса строились на основе иерархических систем передачи плезиохронных и синхронных цифровых иерархий с оптическим стыком. Например, на базе получившего широкое распространение на

сетях России оборудования ОТГ-35 и другого.

Это оборудование, чаще всего, размещалось в отдельных стойках, имело свою систему технического обслуживания, дистанционной диагностики аварийных состояний, подключалось к оконечным станционным комплектам цифровых АТС и концентраторов по симметричному электрическому стыку, параметры которого описаны в широко известной рекомендации МСЭ-T G.703.

Развитие цифровых коммутационных систем, оснащение их мощными средствами контроля и диагностики удаленных концентраторов, линий и другого оборудования, бурное развитие техники волоконно-оптической связи, снижение ее массо-габаритных показателей позволили интегрировать оборудование волоконно-оптических систем передачи и коммутационное оборудование в единый комплекс оборудования оптических стыков цифровой коммутационной системы.

В этом случае станционные оптические кабели подключаются непосредственно к блокам, находящимся в составе стивов АТС и АЦК, а АЦК соединяются с АТС оптическими кабелями связи, что приводит к снижению объемов станционного оборудования и капитальных затрат по сравнению с традиционным вариантом организации сети переноса.

Такой подход к реализации подключения вынесенной абонентской емкости применяется в ряде зарубежных цифровых коммутационных систем, таких как AXE10, 5ESS, HUA-WEI, EWSD и других.

В ЛОНИИС проведена разработка оборудования оптических стыков комплекса АТСЦ-90 для подключения вынесенных АЦК.

Разработанное оборудование включает два типа устройств – устройство ETSO для оснащения станций АТСЦ-90, размещаемое в стандартных станционных стивах и устройство ETCLRO, для установки в АЦК вместо кассет оконечных станционных комплектов и тактовых генераторов ETCLR.

Данные типы устройств поддерживают сети переноса различных топологических структур – звездообразной, древовидной, кольцевой и других.

Кроме описанных типов устройств, поддерживающих сети доступа большой емкости, разработано оборудование оптических стыков для подключения концентраторов малой емкости – до 256 абонентов, обеспечивающее передачу по оптическому кабелю одного потока Е1. Это оборудование выполнено в виде стандартного блока оконечного станционного комплекта

АТСЦ-90, оснащенного оптическим линейным трактом и оптическими розетками, размещенными на лицевой панели блока.

Такие блоки могут применяться в качестве временного решения на этапе развития сети переноса, например, когда оптический кабель уже проложен в очередной населенный пункт, где установлен АЦК, а оборудование кольцевой сети там еще не установлено. Кроме этого, такое оборудование может применяться в комбинации с высокоскоростными средствами для подключения малых выносов, т.к. представляет собой самый дешевый вариант оптического подключения.

Оптические линейные тракты разработанного оборудования используют передающие лазерные модули ПОМ-14, модули на основе суперлюминесцентных светодиодов ПОМ 460-2, приемные модули ПРОМ 364 и ПРОМ 367 производства ЗАО «ТЕЛАЗ» (г.Москва), ориентированные на применение одномодовых и многомодовых оптических волокон в диапазоне длин волн 1,3 мкм.

Проектирование СП, выбор той или иной топологической структуры, типов оборудования систем передачи, системы технического обслуживания, компоновка, объединение и увязка всех этих элементов проектируемой сети является сложной инженерной задачей.

Данная задача может иметь много вариантов решения. При этом разработчику проекта часто бывает трудно на основании чисто эвристических оценочных суждений отдать предпочтение тому или иному варианту, которые на первый взгляд мало чем отличаются друг от друга.

В этом смысле наиболее взвешенным и обоснованным представляется подход к решению данной задачи с позиций теории оптимизации.

На эффективность структурной организации сети переноса оказывают влияние множество факторов, среди которых основными являются стоимостной и надежностный.

Надежностный фактор оказывает влияние на одну из важнейших характеристик коммутационной сети – качество функционирования.

При выборе оптимальной структуры обычно руководствуются одним или двумя основными факторами, которые принимаются в качестве критериев оптимальности рассматриваемых вариантов структуры – стоимостным и одним из показателей, характеризующих качество функционирования.

При оптимизации рассматриваемого объекта в качестве этих факторов выбраны стоимостной

и надежностный. Решение задачи оптимизации структуры (ЗОС) в такой постановке называют векторным. Кроме этого в докладе приведено решение ЗОС и в однокритериальной (скалярной) постановке. В этом случае в качестве критерия оптимальности выбран интегральный экономический критерий – приведенные затраты [3]. Этот критерий является наиболее универсальным и учитывает как интересы изготовителя технических средств связи, так и затраты потребителей на покупку и внедрение этих технических средств.

В соответствии с действующей методикой по оценке экономической эффективности новой техники [3] приведенные затраты однозначно связаны с капитальными вложениями K через нормативный коэффициент сравнительной экономической эффективности E_n и с эксплуатационными расходами \mathcal{E} и определяются из выражения (1)

$$P = E_n \cdot K + \mathcal{E} \quad (1)$$

При таком подходе надежностный критерий используется в качестве накладываемого ограничения.

Постановка задачи. Пусть заданы:

- расположение АЦК и АТСЦ на местности телефонизируемого района;
- расстояния между АЦК, а также между АЦК и АТСЦ задаются матрицей расстояний //C//:

$$//C// = \begin{vmatrix} \infty & C_{12} & C_{13} & \dots & C_{1j} \\ C_{21} & \infty & C_{23} & \dots & C_{2j} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ C_{i1} & C_{i2} & \dots & \dots & \infty \end{vmatrix} \quad (2)$$

Кроме этого заданы:

- Y вариантов топологии сети переноса;
- L типов систем передачи;
- K типов оптических передатчиков;
- P типов конструктивной реализации оборудования АЦК;
- V типов систем технического обслуживания сети доступа;
- J типов организации подключений малых выносов (с применением специального оборудования или без него).

Таким образом, задано некоторое допустимое множество F вариантов структуры СП f , отличающихся топологией Y , типами систем передачи L , типами оптических передатчиков K , типами конструктивной реализации оборудования концентраторов P , типами систем технического обслуживания V , типами подключе-

ния малых выносов j .

Тогда данная ЗОС может быть сформулирована в следующей постановке:

Необходимо определить:

вектор \vec{f}^* структуры сети переноса, минимизирующий целевую функцию:

$$\Pi(\vec{f}^*) \rightarrow \min \quad (3)$$

$$\vec{f}^* \in F$$

при выполнении ограничений:

- на качество обслуживания вызовов

$$\bar{P}_n \leq P, \quad (4)$$

где

\bar{P}_n – средняя вероятность неудачного вызова абонента сети переноса;

P – некоторое априорно заданное пороговое значение вероятности неудачного вызова абонента сети;

- на допустимые значения длин участков регенерации при использовании различных типов оптических передатчиков.

$$l_{ij} < L, \quad (5)$$

где

l_{ij} – длина участка линии между узлами i и j ;

L – максимально допустимая длина участка регенерации применяемого типа систем передачи;

- на устойчивость к заданным разрушающим воздействиям и отказам;
- на поддержание сетью дальнейшей эволюции системы электросвязи телефонизируемого региона;
- на дискретный характер компонент вектора \vec{f}^* . Область допустимых значений F в данном случае представляет собой множество индексов (множество типа натурального ряда), обозначающих допустимое к использованию множество комбинаций компонент вектора \vec{f} .

С учетом однотипности оборудования оптических систем передачи концентраторов, функция приведенных затрат примет вид:

$$\Pi_{(i)} = E_n [C_{(i)} + a_{(i)}(N-1) + b_{j,l}] + E_n V_{(i)}, \quad (6)$$

где

$C_{(i)}$ – стоимость оборудования оптических стыков АТС;

$a_{(i)}$ – стоимость оборудования оптических стыков АЦК;

$b_{j,l}$ – стоимость линейного оборудования;

E_n – нормативный коэффициент;

$V_{(i)}$ - стоимость системы технического обслуживания;

N - число узлов сети.

Принятые предположения и ограничения:

- однотипность оборудования оптических систем передачи концентраторов и станции;
- существует многовариантность в выборе системы технического обслуживания сети переноса; - существует многовариантность в выборе типа оптического передатчика (п/п лазер, суперлюминесцентный светодиод);
- существует многовариантность в организации подключения малых (до 256 абонентов) концентраторов (выносов), требующих не более двух потоков Е1, с применением и без применения специального низкоскоростного оборудования оптических стыков для подключения малых выносов (ОМВ);
- топологическая структура сети реализуется по кольцевому звездообразному или древовидному принципу;
- линейные сооружения и станционное оборудование обладают конечной надежностью;
- все блоки оборудования охвачены системой контроля. Все отказы обнаруживаются системой контроля и инициируют аварийные сообщения.

Особенностью рассматриваемых сетей переноса является то, что в этих системах характеристики качества функционирования зависят лишь от одного топологического параметра – пространственной протяженности структуры, подобно тому, как это проявляется в локальных сетях передачи данных [4]. Это дает возможность построения простых дискретных алгоритмов оптимизации структуры сетей переноса и дискретного выбора типов систем передачи, оптических передатчиков, конструктивной реализации концентраторов, систем технического обслуживания, организации подключения малых выносов. Кроме этого, становится возможным применение к ЗОС принципа декомпозиции - раздельного решения задачи топологической оптимизации графа сети и дискретного выбора варианта структуры станций.

В самом неблагоприятном случае задача может быть решена методом полного перебора вариантов, однако, часто можно на начальном этапе оптимизации эвристически отбросить неконкурентоспособные варианты и существенно уменьшить размерность задачи, а на втором этапе произвести упорядочение множества оставшихся вариантов по стоимости, так, что первый член ряда будет иметь минимальную

стоимость, второй – большую стоимость чем первый, но меньшую чем третий и т.д., т.е будет выполнено условие $C_{i-1} < C_i < C_{i+1}$, где C_i – стоимость i -го варианта сети переноса. После чего, из полученного таким образом упорядоченного дискретного множества вариантов сети переноса (СП) выбирается первый член и соответствующий ему вариант СП проверяется на выполнение ограничений (4, 5), в соответствии с выбранными моделями оценки надежностных характеристик.

Если выбранный таким образом вариант удовлетворяет ограничениям по надежности, то он и является оптимальным. Если нет – то выбирается следующий, больший по стоимости вариант и вновь производится его проверка на выполнение ограничений и т.д. до отыскания оптимального варианта.

На практике множество вариантов, как правило, имеет не очень большую размерность. Его размерность может быть значительно уменьшена путем эвристической редукции – исключения заведомо несовместимых элементов структуры СП.

На первом этапе решения ЗОС решается задача топологической оптимизации для всех допустимых вариантов графов СП, задаваемых матрицей расстояний (2). Данная подзадача сводится к отысканию вариантов графов, удовлетворяющих условию (7):

$$l = \sum_{i=1}^N f(x_i, x_j) \rightarrow \min, \quad (7)$$

где

l – суммы длин соединительных линий графов;

$f(x_i, x_j)$ – длина соединительной линии между вершинами i, j графов.

В докладе приводятся методы решения данной подзадачи для вариантов графов звездообразных, кольцевых и древовидных топологических структур.

В качестве ограничения при решении ЗОС СП могут задаваться показатели качества функционирования телефонной сети или характеристики функциональной надежности СП.

Основной показатель качества функционирования сети с точки зрения абонента предлагается вычислять как отношение числа неудачных попыток получить соединение S_n к общему числу поступивших вызовов S_n на некотором интервале времени. При этом, помимо вызовов, потерянных из-за отсутствия свободных соединительных путей, в число S_n входят и неудачные попытки обусловленные отказами оборуду-

дования сети. Используя вместо C_n и C_n математическое ожидание данных случайных величин можно говорить [5] о вероятности неудачной попытки вызова при установлении соединений между любыми двумя оконечными пунктами сети $P_n = M[C_n]/M[C_n]$.

С помощью соотношения:

$$P_n = 1 - \sum_k \rho_k \prod_{i \in \mu_k} (1 - P_n^{(i)}) \quad (8)$$

вероятность P_n выражается через аналогичные характеристики $P_n^{(i)}$ для отдельных элементов сети – коммутационных узлов, станций, пучков соединительных линий и т.д., в том числе и частей рассматриваемой нами сети переноса. В (8) компонентами вектора μ_k являются номера элементов сети, которые участвуют в соединениях k -того вида, а через ρ_k обозначена доля нагрузки, поступающей в сеть через эти элементы

Если предположить, что процесс перегрузки сети (создание нагрузки, проводящей к занятию всех свободных соединительных путей) и процесс возникновения отказов и восстановлений – независимые процессы, то выражение в круглых скобках (8) в первом приближении можно раскрыть так:

$$(1 - P_n^{(i)}) = (1 - P_{ни}^{(i)}) \cdot K_{г1} \quad (9)$$

где

$P_{ни}$ – вероятность неудачной попытки вызова из-за перегрузки i -го элемента сети;

$K_{г1}$ – коэффициент готовности этого элемента сети.

Для отыскания коэффициентов готовности и времени наработки до отказа для различных вариантов структур в докладе рассматриваются две модели ненадежной сети переноса (в контексте влияния характеристик надежности элементов системы на характеристики рассматриваемой системы в целом):

- модель конъюнктивной сети;
- модель отказоустойчивой сети;

Первая модель предполагает объединение элементов рассматриваемой сети посредством операции конъюнкции (по “или”). В этом смысле возникновение отказа любого элемента

приводит к началу мероприятий по восстановлению отказавшего оборудования.

При рассмотрении данной модели под отказом понимается событие, приводящее к любому извещению об аварии, снижению качества обслуживания вызовов и началу восстановительных работ.

Вторая модель предусматривает анализ отказоустойчивости рассматриваемых структур с учетом специальных мероприятий по ее повышению (резервирование, выбор отказоустойчивой структуры и т.д.). При рассмотрении этой модели под отказом понимается блокировка обслуживания вызовов (нарушение связи) абонентов подключенных через некую рассматриваемую часть сети переноса или через сеть переноса всего комплекса в целом.

В докладе приводятся выражения для отыскания основных характеристик надежности для обеих приведенных моделей для всех рассматриваемых вариантов структуры.

Также приводится численный пример решения ЗОС СП комплекса АТСЦ-90 для одного из телефонизируемых районов Ростовской области.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Соколов Н.А. Сети абонентского доступа. Принципы построения.: ЗАО “ИГ “Энтер-профи””, 1999, - 254 с.
- [2]. Никульский И.Е., Матяшов А.Н. Оптическая сеть переноса системы абонентского доступа АТСЦ-90. //Вестник связи № 11, 2000 г. – с.58-61.
- [3]. Инструкция по определению экономической эффективности использования новой техники, изобретений и рационализаторских предложений в отрасли “Связь”. М.: Связь, 1980 – 111 с.
- [4]. Никульский И.Е. Оптимизация структуры локальной сети управления распределенным объектовым узлом связи. //Локальные вычислительные сети. Тез. докл. Всесоюз. научно-технической конференции, Рига, ИЭВТ, 1988. – с.154-158.
- [5]. Ситняковский Н.В., Мейкшан В.Н., Маглицкий Б.Н. Цифровая сельская связь. М.: Радио и связь, 1994. – 284 с