

гиперсеть S сводится к орграфу WS'' . Однако такая сводимость является не простой задачей, а в общем случае является NP-полной, т.к. частный случай этой задачи поиск простой цепи NP-полная задача.

Тем не менее, следующий алгоритм поиска кратчайшего замкнутого V -квазимаршрута проходящего через все ветви гиперсети дает неплохой результат.

Так как, любой квазимаршрут может содержать не более двух участков из каждого ребра (т.е. в каждое ребро разрешается вход, только со стороны инцидентной вершины), то при модификации графа WS' в WS'' этот факт необходимо учитывать.

Алгоритм К2.

Пусть задана взвешенная гиперсеть $S=(X,V,R)$ такая, что $\forall v \in V \rightarrow l(v) \neq 0 \quad \forall r \in R$
 $l(r) = \sum l(v_i)$
 $v_i \in F(r)$

Шаг 1. Построим граф $WS'=(X \cup Y, D \cup R^1 \cup R^2 \cup \dots \cup R^k = R^*)$ с помощью предыдущей процедуры.

Шаг 2. Ребра из R^* взвесим учитывая длины ветвей инцидентным этим ребрам.

Шаг 3. Упорядочим ребра по убыванию веса.

Шаг 4. Очередное ребро выбрасывается, если учитывается замечание приведенное перед алгоритмом и при этом нарушается связность WS' и инцидентная этому ребру ветвь не остается «голой» (т.е. данной ветви инцидентно, по крайней мере, еще одно ребро)

Шаг 5. Шаг 4 продолжается пока не будут

просмотрены все ребра WS' . На шаг 6.

Шаг 6. В полученном смешанном графе WS'' решаем задачу «О китайском почтальоне» с помощью алгоритма предложенного в [1].

Очевидно, что точность решения будет зависеть от графа WS'' и отсутствия «ловушек», т.е. для WS'' должно удовлетворяться условие теоремы 3.

Слабые V -эйлеровые маршруты находятся тривиально, если гиперсеть удовлетворяет условию следующей теоремы.

Теорема 4. Гиперсеть $S=(X,V,R)$ является слабо V -эйлеровой сетью тогда и только тогда, когда связный граф $PS=(X,V)$ является эйлеровым графом и $\forall v \in V \quad F(v) \neq 0$.

Доказательство следует из того факта, что слабый маршрут может пройти по ветви $v \in V$, если этой ветви инцидентно ребро графа WS . Следовательно, слабая V -эйлерова сеть S прямо следует из того факта, что PS эйлеровый граф.

Задача «О китайском почтальоне» в этом случае решается также просто.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Э. Майника. Алгоритмы оптимизации на сетях и графах. М. Мир, 1981 г., 318 с.
- [2]. В. К. Попков. Математические модели живучести сетей связи. Новосибирск, 1990, ВЦ СО РАН, 232 с.
- [3]. В. К. Попков. Маршруты в гиперсетях. В сб. «Эффективность и структурная надежность информационных систем (СМ-7)». Новосибирск, 1982, ВЦ СО АН СССР, стр. 13-29.

О НЕКОТОРЫХ ВОПРОСАХ ЖИВУЧЕСТИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

В. П. Блукке, В. К. Попков

Институт вычислительной математики и математической геофизики СО РАН, Новосибирск, РОССИЯ, тел. (7-383) 34-46-43, vkp@ttk.ru

АННОТАЦИЯ

В настоящей работе рассматриваются некоторые вопросы, связанные с анализом живучести существующих и перспективных интегральных информационных сетей.

1. ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением проводимых исследований является изучение и системный анализ структурной надёжности, живучести и средств повышения устойчивости ведомствен-

ных информационных сетей.

В рамках проводимых работ планируется разработка комплексной методологии оценки живучести и оптимизации сетей с учетом имеющихся ресурсов. Под ресурсами в данном случае можно понимать тип и количество оборудования, условия применения, требования к качеству передачи и живучести информационных потоков и т.д.

В дальнейшем планируется создание моделей и алгоритмов решения задач оптимального проектирования сетей с учетом динамических

структурных требований, а также создание комплекса программных средств автоматизации процесса построения и поддержки жизнеобеспечения сетей.

2. ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Объектом исследования являются интегральные информационные сети, построенные на основе современных информационно-коммуникационных технологий, и происходящие в них процессы преобразования информации связанные с её сохранением и передачей от источника до получателя.

Информационная сеть есть совокупность информационных средств, предназначенных для реализации следующих операций над информацией: получения, сбора, передачи, обработки, хранения, поиска, предоставления, использования и др.

Макроструктура информационной сети представлена на Рис. 1 и включает три основные компоненты: терминальный комплекс, сеть электросвязи, информационную и вычислительную базу.



тельную базу.

Рисунок 1. Макроструктура информационной сети

Все компоненты сети представляют собой совокупность технических и программных средств.

Терминальный комплекс содержит все виды пользовательских устройств, начиная от обычного телефонного аппарата и включая все виды современных абонентских устройств: черно-белый и цветной видеотелефоны, факсимильный аппарат, персональную ЭВМ, локальную вычислительную сеть, сигнально-контрольное и специальное оборудование.

Сеть электросвязи по известному определению есть совокупность каналов и трактов, образующих первичную сеть и построенные на её основе вторичные сети, предназначенные для удовлетворения потребностей пользователей по доставке любой информации, преобразованной в сигналы электросвязи.

Первичная сеть предназначена для образования каналов и трактов между узлами (пунктами) связи, используемыми вторичной сетью. В общем случае она состоит из линий связи различной физической природы, систем передачи и системы управления.

В качестве линейных средств в первичной сети применяются кабельные (в т.ч. ВОЛС), радиорелейные, тропосферные и спутниковые системы передачи, а также средства прямой радиосвязи различных диапазонов волн.

Вторичная сеть предназначена для непосредственного обеспечения передачи или обмена сообщениями заданного вида между абонентами, и предоставления различных услуг связи пользователям сети.

Вторичная сеть состоит из каналов первичной сети, используемых данной сетью, аппаратуры преобразования, обработки и ввода в канал связи сообщений данного вида информации, устройств коммутации сообщений или каналов, а также системы управления.

Важным элементом структуры вторичных сетей является оконечные узлы связи (Рис.2). Оконечный узел предоставляет абоненту все виды услуг обеспечиваемых данной вторичной сетью.



Рисунок 2. Оконечный узел

Основными структурными элементами оконечного узла могут быть пункт или станция каналаобразования (системы передачи, кросс каналов), пункт управления, оборудование коммутации и маршрутизации, радиоцентры, оборудование абонентского доступа и абонентская сеть, системы электропитания и др.

Информационная и вычислительная базы представляют собой распределённые по территории системы банков данных и систему компьютеров большой производительности, обеспечивающих вычислительную поддержку терминальных комплексов.

По определению сеть электросвязи предназначена для доставки любой информации между терминальными комплексами и банками данных в заданном сочетании. Под термином "доставка" понимается передача информации по каналам связи, коммутация, хранение информации на узлах коммутации в процессе её передачи и коммутации, а также хранение как самостоятельная функция с различной длительностью и делением на оперативное, длительное и архивное время.

Для облегчения разработки методов оценки живучести множество сетей связи условно разбиваются на два класса – двухполюсные и многополюсные. При наличии в системе связи только двух оконечных узлов – система двухполюсная, если количество узлов более двух – многополюсная. Понятие двухполюсной сети целесообразно использовать в случае необходимости оценки живучести связи на том или ином информационном направлении, т.е. между определённой парой полюсов многополюсной системы связи.

Таким образом, система доставки информации включает в себя множество связанных между собой элементов, отказ или повреждение каждого из которых оказывает влияние различной степени на работоспособность системы в целом.

3. ОБОБЩЁННЫЙ АЛГОРИТМ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Рассмотрим основные моменты работы информационной сети, с момента поступления в сеть сообщения. Оно может быть введено в сеть с помощью абонентского аппарата и посредством аппаратуры передачи данных. Сообщение содержит в себе адрес, категорию срочности (приоритет) и другие сведения необходимые для его передачи.

Если при поступлении сообщения в необходимом направлении имеется свободный канал передачи, осуществляется соответствующая коммутация, и оно передаётся адресату. При занятости всех каналов сообщениями низших приоритетов передача одного из них прерывается и передаётся поступившее сообщение. В противном случае, т.е. при занятости каналов

сообщениями более высоких приоритетов, данное сообщение ставится в очередь в соответствии с его приоритетом и принятым в сети алгоритмом обслуживания поступающих сообщений.

Если канала передачи нет, из-за нарушений связи на данном направлении, то система управления организует восстановление связи. Первоначально за счёт резервных каналов, либо путём составления обходного канала с помощью перераспределения каналов первичной сети. Затем организуются ремонт отказавших или повреждённых средств связи, возвращение их в строй и восстановление прежней конфигурации сети. При значительных повреждениях элементов сети осуществляется частичное восстановление их за счёт имеющихся резервов сил и средств, или система управления формирует новую структуру сети с исключением повреждённых элементов (узлов, станций, каналов связи). Отказ или повреждение элемента сети может происходить в процессе обслуживания сообщения. Для завершения передачи сообщения система управления сетью должна отыскать другой или восстановить отказавший канал связи. При этом в сети должно осуществляться сохранение исходного сообщения на пункте отправки или промежуточных пунктах до получения подтверждения его получения от пункта адресата.

Первичная сеть в процессе передачи сообщения обеспечивает исправную работу выделенных данной вторичной сети каналов связи, заменяет отказавшие каналы резервными, перераспределяет свои каналы между вторичными сетями (по командам пункта управления системой связи), в соответствии с состоянием сети и важностью обеспечиваемых связей оптимизирует свою структуру путём перераспределения каналов и трактов на сетевых узлах связи, восстанавливает повреждённые элементы. Все эти действия организует пункт управления первичной сетью.

В экстремальных условиях, когда исправных каналов для функционирования всех вторичных сетей не хватает, по решению пункта управления системой связи часть сетей временно прекращает работу, а остальным каналам предоставляются только для передачи сообщений высших приоритетов.

Таким образом, в обеспечении непрерывного функционирования вторичной сети кроме её элементов и системы управления участвуют система управления и элементы первичной сети.

4. ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЖИВУЧЕСТИ

Осознание важности устойчивой работы телекоммуникационных сетей в современных условиях, привело к необходимости определения такого понятия как живучесть сети связи. Под живучестью мы будем понимать устойчивость системы связи к повреждению элементов сети стихийными факторами и преднамеренными воздействиями.

Устойчивость это свойство системы связи, заключающееся в её способности осуществлять своевременную передачу информации в необходимом объёме и с качеством не хуже заданного при определённых условиях функционирования.

Живучесть сети связи включает в себя два основных свойства, каждое из которых разбивается на два частичных Рис.3:



Рисунок 3. Основные свойства живучести

Структурная живучесть это живучесть (выживаемость) системы связи в течение некоторого времени при пассивном противодействии повреждениям (случайным или целенаправленным) элементов сети.

Пассивное противодействие осуществляется при нормальном режиме работы системы связи за счёт защищённости элементов, включенного резерва, структурной организации и принятого алгоритма управления маршрутизацией.

Выживаемость элементов - структурная живучесть элементов системы связи.

Структурная надёжность - структурная живучесть системы связи при заданном алгоритме (процессе) разрушения элементов.

Функциональная живучесть - живучесть (выживаемость) системы связи в течение некоторого времени при активном противодействии повреждениям (случайным или целенаправленным) элементов сети.

Активное противодействие в основном осуществляется во время действия разрушающих

факторов и определяется системами восстановления элементов и управления на сетях связи.

Таким образом, при исследовании функциональной живучести сеть моделируется динамическими объектами.

Структурную живучесть предполагается оценивать с помощью математических моделей структурно-надёжных сетей связи на основе графов и гиперсетей, разработанных в Лаборатории математического моделирования информационных сетей ИВМиМГ СО РАН.

5. ОСНОВНЫЕ ФАКТОРЫ, ВЫЗЫВАЮЩИЕ ПОВРЕЖДЕНИЯ ЭЛЕМЕНТОВ СЕТЕЙ СВЯЗИ

Повреждения или разрушения элементов систем и сетей связи происходят от воздействия факторов естественного и искусственного происхождения. К факторам естественного происхождения относятся землетрясения, тайфуны, цунами, наводнения, грозовые явления, оползни и др.

Факторами искусственного происхождения являются так называемые влияющие системы, например электрические железные дороги, мощные радиостанции, высоковольтные линии электропередачи и др. Среди факторов искусственного происхождения важное место занимает влияние проводимых военных действий.

Возможно сочетание факторов, когда искусственный фактор вызывает естественный. Например, наводнения, лавины, камнепады и другие естественные явления могут быть вызваны применением современного мощного оружия.

Внешние воздействия разрушительного свойства различаются масштабом и характером. Характер разрушений определяется видами основных факторов. Разрушения могут иметь целенаправленный (стохастический) либо случайный (детерминированный) характер. При воздействии факторов естественного происхождения и некоторых видов искусственных факторов разрушения и повреждения элементов систем будут носить случайный характер. Целенаправленное разрушение сети происходит в условиях ведения боевых действий противником, направленных на прекращение работы всей системы или её части.

Степень разрушительного воздействия каждого фактора на элементы сети связи определяет степень неработоспособности элемента и зависит от вида воздействия, его мощности, масштаба и точности.

Существенным фактором, оказывающим значительное влияние на живучесть сети мож-

но считать так называемый “человеческий фактор”. Учёт влияния этого фактора по видимому сводится к учёту вероятности ошибки при принятии решений о способе восстановления связи, правильном использовании имеющихся ресурсов, способе выполнения решения, а также учёту времени на его принятие. Принятие решений в каждом случае осуществляется техническим персоналом сети на основе анализа поступившей информации о повреждениях сети, заранее проработанных вариантов действий в различных ситуациях и имеющейся информации о резервных возможностях по восстановлению связи в минимальные сроки.

В значительной мере живучесть отдельных элементов системы определяется сохранением обслуживающего персонала, что наиболее актуально в условиях проведения боевых действий.

Важным фактором воздействия на живучесть информационной сети является её способность противостоять попыткам несанкционированного удалённого доступа к компонентам сети с целью нарушить работу информационных ресурсов.

Последствием данного воздействия может являться потеря работоспособности системы или части её в результате несанкционированного проникновения в управляющее программное обеспечение, запуска вирусных программ, нарушающих нормальное функционирование информационных и информационно-телекоммуникационных систем и изменения параметров системы.

Часть основных факторов воздействия при моделировании в определённой мере поддаются прогнозированию относительно времени их начала и возможного ущерба элементам систем связи.

Для повышения живучести можно использовать следующие способы:

- оптимальное размещение стационарных элементов сети в пространстве;
- прокладка линий связи в обход населённых пунктов;
- необходимо иметь запас пропускной способности на транспортном уровне;
- структурная и функциональная избыточность системы;
- использование подвижных узлов связи;
- применение элементов повышенной степени защиты;
- организация ложных элементов имитирующих реальные узлы связи;
- предупреждение разрушения при помощи

системы наблюдения за источниками разрушения и активное противодействие им;

- восстановление разрушенных элементов сети;
- создание протоколов позволяющих резервировать информационные потоки с целью сохранения сообщений с подтверждением адекватности принятой информации.

6. КРИТЕРИИ ЖИВУЧЕСТИ

Работоспособность сети (элемента):

- сеть (элемент) работоспособна, если она способна выполнять все или заданную часть функций в полном или частичном объёме.

Критерий выживаемости элемента - время, при котором элемент остаётся работоспособным с начала его разрушения заданными способами и средствами или количественная мера определённых средств разрушения, не нарушающих работоспособность элемента.

Критерий восстанавливаемости элементов - время, за которое может быть восстановлена работоспособность элемента при заданном уровне резервирования и системы техобслуживания или количественная мера определённых ресурсов, восстанавливающих работоспособность элементов при заданной степени разрушения.

К ресурсам восстановления можно отнести: резервы элементов сети в целом, отдельных блоков аппаратуры связи для ремонта элементов, количество людей, предназначенных для восстановления, наличие предприятий изготавливающих новые элементы и т.д.

В качестве показателей живучести элементов можно принять:

- -вероятность отказа или количество ресурса разрушения;
- -среднее время восстановления или количество ресурса восстановления.

Критерий структурной надёжности - число отказавших элементов, не нарушающих работоспособность сети связи, т.е. заданная часть абонентов сети из выделенных пунктов связи (или всех) будет соединена связующей системой (коммуникацией) при отказе любых к элементов сети связи.

Под коммуникацией будем понимать некоторую двухполюсную сеть с необходимыми ограничениями (расстояние между полюсами, связность, пропускная способность). Поэтому необходимо определить множество работоспособных коммуникаций и типы отказов элементов.

Например, пункты x и y сети связи соединены коммуникацией тогда и только тогда, когда

между x и y существует не менее T независимых цепей, длина которых превосходит d , а суммарная пропускная способность не меньше заданной величины.

Критерий функциональной надёжности - время активного сохранения работоспособности сети связи при заданной интенсивности отказов её элементов.

Под активным сохранением понимается возможность противостоять разрушениям с помощью системы управления живучестью сети связи. В частности, за счёт восстановления структуры и функций первичной и вторичной сетей, систем управления потоками, нагрузкой и маршрутизацией. При этом для определения функциональной надёжности необходимо полностью определить процесс отказов элементов сети.

В этом случае, когда процесс отказов детерминирован, критерий функциональной надёжности можно видоизменить следующим образом - число восстановленных коммуникаций между выделенными абонентами сети в определённый отрезок времени и при фиксированном процессе отказов. Легко понять, что эти два критерия эквивалентны, так как для любой сети из одного критерия следует второй.

Показатели живучести - количественная характеристика одного или нескольких свойств, составляющих живучесть систем связи и её элементов.

Из этого определения непосредственно следуют несколько признаков, по которым можно классифицировать показатели живучести (Рис. 3):

- различают показатели живучести элементов или системы связи в целом;
- единичный (комплексный показатель живучести относится к одному (нескольким) из свойств, составляющих живучесть системы связи;
- однозначный (многозначный) показатель живучести выражается одним числом (вектором или функцией);
- непосредственный показатель живучести соответствует выбранному критерию живучести, а опосредованный показатель функционально связан с непосредственным показателем и оценивает последний сверху или снизу;
- детерминированный (стохастический) показатель живучести характеризует свойства живучести в детерминированных (стохастических) сетях связи;
- детерминированные показатели живучести можно подразбить на прямые и обратные.

Так как в любом критерии живучести рассматриваются два фактора, то, зафиксировав один, по другому проводят оптимизацию;

- стохастические показатели живучести также разбиваются на два подтипа: вероятностные - характеризуют вероятность появления некоторого события; числовые - математическое ожидание некоторой случайной величины (время, число элементов, коммуникаций и т.д.).

7. ПОКАЗАТЕЛИ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМЫ СВЯЗИ

Для детерминированных сетей связи, прежде всего, интересны показатели характеризующие возможности систем управления по поддержанию работоспособности сети в заданных пределах на определённый отрезок времени. Здесь возможны два подхода к формированию показателей:

Первый - заключается в оценке возможности системы управления восстановить максимальное число необходимых связей с заданной пропускной способностью за счёт фиксированных средств обеспечения функциональной надёжности сети. Таким образом, при этом подходе фиксируется разрушение и ресурс восстановления (необходимость восстановить определённые связи в течение некоторого времени).

Например, число восстановленных связей за счёт управления структурой вторичной сети при заданных резервах и характере разрушения элементов сети, оценка возможности системы управления оптимально перестраивать структуру вторичной сети с целью повышения работоспособности.

Второй подход заключается в оценке возможности системы управления восстановить работоспособность на необходимом уровне за счёт минимально возможного резерва.

Из-за сложности определения оптимального разрушения сети для заданного обеспечения живучести более широкое распространение получили стохастические показатели:

- вероятность того, что сеть будет в работоспособном состоянии в случае воздействия на нее поражающих факторов, а также прогнозируемая длительность восстановления связи;
- среднее значение вероятности выживания связи между одной парой полюсов;
- математическое ожидание времени восстановления работоспособности;
- математическое ожидание времени перестройки вторичной сети;

- математическое ожидание времени соединения при воздействии разрушающих факторов. Необходимо также рассматривать показатели связанные непосредственно с сообщениями передаваемыми по сети.

8. КОМПЛЕКСНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИВУЧЕСТИ

1. Вероятность того, что система связи окажется в работоспособном состоянии в произвольный момент времени.
2. Коэффициент технического использования - отношение математического ожидания времени пребывания системы связи в рабочем состоянии за некоторый период эксплуатации к продолжительности этого периода.
3. Коэффициент обеспеченности вызовов - математическое ожидание отношения потерь к общему числу вызовов, поступивших за тот же период времени.
4. Вероятность того, что все вызовы будут реализованы в заданный период времени.
5. Вероятность того, что все сообщения будут доставлены своевременно.
6. Вероятность того, что между выделенными узлами будет обслужен поток с качеством, не хуже заданного в заданный период времени.
7. Вероятность сохранения заданного числа каналов между выделенными узлами сети до определённого момента времени.

9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проблемы повышения надёжности и живучести информационно-телекоммуникационных систем чрезвычайно важны в настоящее время вследствие большого ущерба, который может быть нанесён управляемым системам из-за не доведения, несвоевременного доведения или искажения соответствующей информации или команд управления от органа управления до управляемого объекта.

Разрабатываемая модель позволит проанализировать и оценить существующие и разрабатываемые сети связи с точки зрения живучести, и определение ряда мер, необходимых для повышения их структурной и функциональной живучести, позволяющих противостоять попыткам нарушения их работы в течение максимально возможного времени.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. В.К. Попков Математические модели живучести сетей связи – Новосибирск 1990г.
- [2]. Б.Я. Дудник, В.Ф. Овчаренко, В.К. Орлов и др. Надёжность и живучесть системы связи – М.: Радио и связь, 1984г.
- [3]. Г.П. Захаров Сети с искусственным интеллектом: концепция построения и вопросы терминологии. системы и средства телекоммуникаций, 1993г. №1 стр.3-8.

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПОДХОДА СОГЛАШЕНИЙ ОБ УРОВНЕ ОБСЛУЖИВАНИЯ (SLA) ПРИ НОРМИРОВАНИИ КАЧЕСТВА УСЛУГ СВЯЗИ

А.А. Костин, А.К. Шустров

Государственный Университет Телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, наб.р. Мойки, 65, Санкт-Петербург, 191186, РОССИЯ, тел., (812) 311-41-70, kostin@sut.ru certlab@sut.ru

АННОТАЦИЯ

Рассматриваются основные принципы управления качеством услуг связи посредством соглашений об уровне обслуживания (SLA) и возможность использования SLA для нормирования качества услуг связи.

1. ВВЕДЕНИЕ

В условиях широкого внедрения телекоммуникационных технологий весьма актуальным является вопрос о качестве предоставляемых услуг связи. Чтобы обеспечить надёжную и эффективную работу своих приложений, тре-

бующих поддержки со стороны услуг связи, потребители этих услуг вынуждены идти на дополнительные расходы, чтобы получить услуги требуемого качества (QoS). Для этого в контракты на предоставление услуг, заключаемые между поставщиками и потребителями услуг связи, вводят пункты, оговаривающие номенклатуру и значения показателей качества обслуживания, которые удовлетворяют потребителя и реально могут быть обеспечены поставщиком услуги. Более жестким способом получения услуг требуемого качества являются соглашения об уровне обслуживания (SLA), которые, как и требования к QoS, также явля-