

Надежность функционирования сетей связи

Современные сети связи (СС) представляет собой сложный программно-аппаратный комплекс с многоуровневой, разветвленной структурой и транспортными средствами передачи информации, функциями которой является установление связей между абонентами и поддержание этих связей в течение заданного промежутка времени. Надежность работы СС является главным фактором их эффективности. Отказ СС может иметь серьезные последствия и проблема оценки и обеспечения надежности сетей является актуальной. Для анализа и синтеза надежности необходимо определить те факторы, которые оказывают существенные влияния на надежность СС.

Отказ СС есть сложное случайное событие, представляющее собой некоторую композицию случайных событий. Относительно СС справедливой будет следующая формулировка отказа СС-невозможность установления связи для одной абонентской пары (АП) из заданного множества. Абонентской парой (АП) называется пара "передающая станция-приемная станция", связанная некоторой подсетью связи. Отметим, что пользователю СС безразлично, чем вызван отказ в обслуживании его требования на установление связи - отказом элементов СС или их занятостью обслуживанием других заявок. При оценке надежности СС позволяют учитывать занятость элементов СС.

В качестве показателя надежности СС можно использовать вероятность наступления сложного события, заключающегося в установлении связей между всеми АП из заданного множества. Надежность этого события в СС зависит от множества факторов т.к. СС представляет собой сложную многофункциональную систему. СС состоит из следующих элементов:

1. Пользователи (абоненты) - источники и потребители информации;
2. Пункты связи (станции), которые подразделяются на оконечные пункты (в том числе и абонентские), содержащие аппаратуру ввода и вывода информации, и коммутационные узлы, осуществляющие распределение сообщений;
3. Каналы связи, через которые производится передача информации между пунктами;

Задача анализа и синтеза надежности СС должна быть отнесена к категории многофункциональных систем со структурной и временной избыточностью, функционирование которых существенно зависит от реализованного вида коммутации и выбранного маршрута передачи данных.

Последовательность "станция-канал-станция", начинающаяся передающей станцией и заканчивающаяся приемной станцией, называется маршрутом. В зависимости от способа передачи сообщений СС подразделяются на сети с коммутацией каналов (ССКК), сети с коммутацией сообщений (ССКС) и сети с коммутацией пакетов (ССКП).

В сети с *коммутацией каналов* абонентам в полное распоряжение предоставляется маршрут из множества разрешенных. Классическая коммутация каналов предусматривает установление гальванической связи между входящими и исходящими каналами на все время соединения. Это является причиной такого недостатка, как потери времени на установление соединения и невозможности использования в это же время маршрутов, имеющих элементы, общие с занятым. При обмене короткими сообщениями полезное время передачи информации по каналу связи оказывается существенно меньше затрат времени на установление соединения.

Коммутация каналов применяется в сетях, где требуется передача информации в реальном масштабе времени. Промежутки между поступлениями информации есть случайные величины, распределенные по пуассоновскому или равномерному законам, или представляют собой детерминированный поток. Длина сообщения является случайной величиной, распределенной по равномерному или экспоненциальному закону. Требования к верности передачи существенно зависят от типа передаваемой информации и способности получателя исправлять ошибки. Наиболее высокие требования предъявляются к верности передачи файлов, содержащих важную информацию или исполняемые файлы. Требования к верности передачи электронной почты могут быть ниже, так как ошибки в принятых сообщениях могут быть легко обнаружены пользователем визуально и исправлены.

Развития классического метода коммутации каналов был разработан метод *быстрой коммутации каналов*. Сущность его заключается в том, что для пользователей, работающих в интерактивном режиме, на каждое сообщение, готовое для передачи, организуется маршрут, который разъединяется после окончания передачи сообщения.

Низкий коэффициент использования сети при передаче по ней данных, поступающих в случайные моменты времени, привел к необходимости разработки других методов передачи информации, в частности, передачи с промежуточным накоплением, реализуемой в виде *коммутации сообщений* и *коммутации пакетов*.

Характерной особенностью передачи с коммутацией пакетов является то, что передаваемая информация перед поступлением ее в сеть разбивается на пакеты. При использовании коммутации пакетов пакетирование осуществляется сетью.

При использовании коммутации сообщений сообщение передается как единое целое. При этом необходимо установить максимальную длину сообщения, и в случае, когда действительная длина сообщения превышает эту величину, пользователь должен сам пакетировать сообщение, причем длина каждого пакета не должна превышать максимально допустимую.

Из изложенного принципа функционирования ССКП следует, что для осуществления передачи с промежуточным накоплением при условии неполной связности ССКП необходимо решать задачу маршрутизации. Сущность ее заключается в определении наилучшей в отношении некоторого критерия последовательности узлов коммутации (маршрут), через которые должен передаваться пакет, чтобы достигнуть адресата. Методы маршрутизации можно разделить на два больших класса: маршрутизация с виртуальными каналами и дейтаграммная (динамическая) маршрутизация.

Загрузка сети является важнейшим параметром, определяющим надежность функционирования СС.

Большинство современных СС строится в соответствии с многоуровневой архитектурой, определенной моделью OSI (Open System Interconnection) взаимодействия открытых систем.

Данная система состоит из следующих уровней:

1. Физический уровень;
2. Канальный уровень;
3. Сетевой уровень;
4. Транспортный уровень;
5. Сеансовый уровень;
6. Представительский уровень;
7. Прикладной уровень.

Каждый уровень предназначен для решения различных задачи передачи данных. На каждом уровне используются различные методы анализа и синтез надежности СС.

Назначение физического уровня заключается в обеспечении виртуальной линии для передачи битовой последовательности между любой парой узлов, соединенных физическим каналом.

Канальный уровень (КУ) превращает ненадежный битовый тракт первого уровня в виртуальную линию связи более высокого уровня, способную безошибочно передавать пакеты в обоих направлениях. Передающий модуль КУ осуществляет помехоустойчивое кодирование пакета бит, поступающего на первый уровень, а также вводит в пакет управляющие биты, превращающие пакет в кадр. Приемный модуль КУ осуществляет обратное преобразование. КУ обеспечивает безошибочность передачи информации за счет повторной передачи искаженных кадров (пакета). Повышение надежности элементов СС приводит к упрощению алгоритмов управления СС к отказу от повторной передачи искаженных пакетов.

Сетевой уровень решает задачи маршрутизации пакетов. Пакеты, посылаются по выбранному маршруту. Служебные пакеты, передаваемые с целью зондирования сети для сбора информации о состоянии сети, используемой для решения задачи маршрутизации, обрабатываются непосредственно на сетевом уровне. На сеансовом уровне осуществляется также буферизация пакетов.

На четвертом, транспортном, уровне решаются задачи разбиения передаваемого сообщения на пакеты и объединения принятой последовательности пакетов в сообщение. При необходимости здесь же решается задача восстановления нарушенного при передаче порядка следования пакетов.

На следующем, сеансовом, уровне осуществляется управление взаимодействием между отправителем и получателем. Кроме того, на этом уровне проверяются права пользователя на установление сеанса и реализуются функции предотвращения несанкционированного доступа к сети.

На уровне приложений также решаются задачи, специфические для данного приложения, то есть способа использования сети, целей ее применения и функций, которые при этом реализуются.

Анализ процессов функционирования СС показывает, что отказы возникнут из-за следующих факторов:

- отказов и восстановлений технических средств;
- заявок на использование СС;
- естественных помех;
- искусственных помех;
- разрушающих искусственных воздействий;
- ошибок программного обеспечения СС.

Характер отказов технических средств СС и обычных радиоэлектронных систем идентичен. Влияние постепенных отказов, вызванных воздействием таких факторов, как нестабильность питания, тепловые воздействия, влажность, перепады давления, запыленность и агрессивность среды, компенсируется конструктивными методами при создании устройств и использованием специальных защитных устройств (стабилизаторы, термостаты, экраны). Таким образом, при оценке показателей надежности СС следует учитывать только потоки внезапных отказов. Среди внезапных отказов выделяют устойчивые отказы и сбои, то есть кратковременные самоустраниющиеся отказы.

Для учета характеристик потока сбоев элемента СС достаточно использовать интенсивность этого потока, а для учета потока устойчивых отказов и потока восстановлений следует использовать коэффициент готовности и интенсивность отказов либо среднее время наработки на отказ и среднее время восстановления технических средств СС.

Чаще всего нейтрализация влияния потока естественных помех достигается путем введения временной или информационной избыточности, либо применением помехоустойчивого кодирования, либо многократной передачей сообщения (что можно рассматривать так же, как применение своеобразных помехоустойчивых кодов). Влияние этого фактора учитывается путем соответствующего увеличения длительности сеанса связи с последующим использованием этого значения при расчете вероятности поддержания связи.

Характерные особенности воздействия потока искусственных помех позволяют рассматривать искусственную помеху, как сбой элемента, и учитывать влияние этого фактора на надежность характеристики СС аналогично способу учета сбоев технических средств.

Характерными для воздействия потоков искусственных разрушающих воздействий являются: полная потеря работоспособности элемента СС, подверженного этому воздействию; возможность одновременного повреждения нескольких элементов; устойчивый характер повреждения, то есть отсутствие самовосстановления элемента после окончания воздействия; восстановление элемента после такого воздействия возможно только путем его ремонта или замены. Эти особенности аналогичны условиям возникновения и устранения устойчивых отказов за исключением высокой кратности нарушений работоспособности элементов, большего времени восстановления и зависимости отказов элементов друг от друга.

Природа ошибок программного обеспечения СС существенно отличается от природы отказов технических средств СС. На количество и качество ошибок программы в основном влияют субъективные факторы. Поэтому отказ ПО - это событие, заключающееся в проявлении, при определенных последовательностях входных данных, тех ошибок, которые были допущены при разработке ПО и не выявлены при его тестировании. В то же время отказ технических средств - это событие, заключающееся в изменении его параметров и приводящее к потере работоспособности. Второе существенное отличие состоит в том, что программа не стареет, то есть с течением времени количество ошибок в программе не увеличивается, а может только уменьшаться в результате их обнаружения и устранения. Другие отличия: если ошибка программы исключена, то она больше в ней не появится; предварительный анализ влияния ошибки практически невозможен из-за большого числа способов влияния ошибки на поведение программы. Количественным показателем корректности программы является число ошибок, оставшихся в программе после завершения отладки и тестирования. По аналогии с количественными показателями безотказности технических устройств

используют также вероятность безотказной работы программы на интервале времени и интенсивность потока ошибок. Отказы, вызванные деятельностью человека, можно разделить на отказы, вызванные деятельностью обслуживающего персонала. Первая группа отказов обусловлена ошибками персонала при эксплуатации СС. Их характер и интенсивность существенно зависят от уровня автоматизации процессов управления СС. Применительно СС отказы этой группы вызываются следующими ошибками: эксплуатации и ремонта кабелей, систем питания, технических устройств, контроля питания, использования не тех версий программного обеспечения; некорректной инсталляции и определения конфигурации программного обеспечения (исключая ошибки, вносимые в тексты программ); неверного ввода даты. Вторая группа отказов обусловлена преднамеренной (вандализм) и непреднамеренной разрушительной по отношению к СС деятельностью людей, не являющихся персоналом СС, которая проявляется в нарушении целостности кабелей и другого оборудования. К отказам, вызванным природными явлениями, событий относятся повреждения кабелей, систем питания и других устройств животными, а также молнией, ураганами, землетрясениями и наводнениями.

Литература

1. Бертсекас Д., Галлагер Р. Сети передачи данных. М.: Мир, 1989.
2. Гадасин В. А. Методы расчета структурной надежности сетей связи. М.: 1986.
3. Филин Б. П. Методы анализа структурной надежности сетей связи. М.: Радио и связь, 1988.
4. J. Bowles. A Model for Assessing Computer Network Reliability. *IEEE Southeast CON'89: Conf. and Exhib. Energy and Inf. Technol. Southeast*. Columbia, S.C. Apr. 9-12, 1989: *Proc.* vol.2. NewYork (NY), 1989.
5. D. Richard Kuhn. Sources of failure in the Public Switched Telephone Network. *Computer*, April 1997.