УДК 681.3.06

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧЕЙ ДАННЫХ

Е.Е. Слядников

Томский научный центр СО РАН
Томский политехнический университет
E-mail: opi@hq.tsc.ru

Сформулирована модель распределенной информационно-телекоммуникационной системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов. Показано, что такая система описывается степенным законом распределения для вероятности реализации связи между двумя узлами и проявляет свойства безмасштабной сети (малого мира), обладая ближней структурой, как у однородных систем, и дальней структурой, подобно случайным системам.

Ключевые слова:
Распределенная информационно-телекоммуникационная система, пакетная передача данных, труднодоступные объекты

Предметом исследования данной статьи являются распределенные информационно-телекоммуникационные системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов. В процессе проектирования обеспечивающих и функциональных подсистем систем передачи данных возникает ряд задач, требующих оценки количественных и качественных показателей функционирования аппаратно-программных средств [1]. При проведении структурного, алгоритмического, параметрического анализа таких систем необходимо учитывать следующие особенности: системы являются многоканальными, их каналы связи имеют различную физическую природу, невысокую пропускную способность; системы имеют иерархическую структуру и распределенную топологию. Такого типа системы с пакетной передачей данных используются для построения систем оповещения и связи, автоматизированных систем сбора оперативных данных (авиабазы охраны лесов, государственные лесные службы, гидрометслужбы) [2]. Актуальность исследования и создания подобных систем обусловлена крайней необходимостью в совершенствовании существующей технологии сбора первичной информации в труднодоступных районах, оперативного формирования данных в нужных форматах и своевременной их передаче в контрольные сроки заинтересованным службам и ведомствам.

Спецификой этого кластера систем передачи данных является ориентация на низкоскоростные каналы связи (КВ, УКВ радиоканалы, персональная спутниковая и сотовая связь), на основе которых обеспечивается функционирование резервных систем передачи данных, обладающих высокой живучестью в чрезвычайных ситуациях. Такие системы передачи данных для труднодоступных объектов относятся к классу сложных систем, проектирование, эксплуатация и модернизация которых невозможны без использования различных видов моделирования. Выбор метода моделирования и необходимая детализация модели существенно зависят от текущей стадии работы с системой. Моделирование на этапах проектирования и эксплуатации системы передачи данных имеет разное целевое назначение, однако возможен общий подход для анализа ситуаций при обосновании проектных решений и при управлении объектами [3].

В работе [3] исследовалась распределенная информационно-телекоммуникационная система с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов, исходя из предположения, что она имеет упорядоченную пространственную конфигурацию и строго определенные взаимодействия между ее составляющими. Развивая подход [3], в настоящей работе приняты во внимание эффекты неупорядоченности или случайности, которые присущи любой реальной системе связи. Модель распределенной системы (плоский граф) становится неупорядоченным (случайным), то есть в его узлах существует конечная вероятность возникновения связи между смежными узлами. Хотя наличие или отсутствие связи является исключительно геометрическим свойством, не имеющим отношения к тепловым флуктуациям, многие характеристики рассматриваемой системы, среди них разрыв связей и возникновение перколяций, критические индексы и применимость методов ренорм-групп, схожи с характеристиками фазовых переходов [4, 5]. Поэтому распределенная информационно-телекоммуникационная система с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов проявляет свойства безмаштабной сети (малого мира), обладая ближней структурой, как у однородных систем, и дальней структурой, подобно случайным системам.

Техническая и программная конфигурация системы передачи данных определяется исходя из топологии и условий местности ее развертывания и строится на основе комбинации трех функционально-ориентированных аппаратно-программных комплексов (АПК), рис. 1:

- АПК-ЦСД – центра сбора данных (обычно размещается в управлениях или территориальных гидрометеоцентрах);

- АПК-КРС – кустовых центров сбора данных (обычно размещается на одной из наиболее доступных радирующих станций);
- АПК-МЕТЕО – для метеостанций.

Технической основой системы связи являются абонентские терминалы оператора метеостанции и оператора центра сбора данных (ЦСД), а также центральный блок связи, выполненные на базе различных модификаций пакетного контроллера ВИП-М, и обеспечивающие передачу данных по проводным линиям, радио- и спутниковому каналам связи.

Аппаратно-программный комплекс пакетной связи для сбора, передачи и обработки гидрометеорологической информации (АПК-ЦСД) является компонентом многоуровневой, территориально-распределенной системы связи и обеспечивает функционирование сети автоматизированной подготовки первичной информации в специализированных форматах для центров коммутации сообщений (ЦКС) гидрометеослужб регионального уровня.

Аппаратно-программный комплекс пакетной связи для сбора, передачи и обработки гидрометеорологической информации (АПК-КРС) является компонентом многоуровневой, территориально-распределенной системы связи и обеспечивает функционирование сети автоматизированной подготовки первичной информации в специализированных форматах для АПК-ЦСД гидрометеослужб. АПК-КРС занимает промежуточное положение и предназначен для приема, обработки и обобщения гидрометеоданных от метеостанций и передачи метеоинформации в центр сбора данных.

АПК-МЕТЕО устанавливается на метеостанциях и гидропостах и обеспечивает автоматизированный сбор, подготовку и передачу первичной информации в специализированных форматах, принятых в АПК-КРС, АПК-ЦСД, АПК-ЦКС.

Аппаратура системы связи с пакетной передачей данных обеспечивает возможность передачи метеоданных по следующим каналам связи: спутниковым; сотовым; радио; телефонным.

Простейшую модель рассмотренной выше распределенной системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов можно сформулировать как совокупность множества узлов и множества ребер, соединяющих узлы. Множество узлов системы состоит из пунктов сбора первичных данных, кустовых центров сбора данных, центров сбора данных. Ребра системы образованы пучком каналов связи, которые могут иметь различную физическую природу. Узлы изображаются жирными точками, а ребра – как отрезки прямых линий, соединяющие узлы. Топологию сети пакетной передачи данных удобно представлять с помощью плоского графа, состоящего из множества узлов и множества ребер связи, соединяющих смежную пару узлов. Самонепересекающаяся упорядоченная последовательность ребер из узла i в узел j называется путем или маршрутом. Число ребер, образующих путь, называется рангом пути. Сумма длин всех ребер пути называется длиной пути. Расстояние между узлами i и j есть величина минимального по длине пути между ними. Между любыми двумя узлами системы можно построить, как правило, множество путей. Пути называются независимыми по ребрам (по узлам), если они не содержат одни и те же ребра (узлы). Связью между двумя узлами i и j системы называется совокупность S_{ij} независимых по ребрам путей между этими узлами. Длина связи – длина кратчайшего из путей. Множество путей связи упорядочено по возрастанию длины пути, поэтому первым всегда рассматривается самый кратчайший путь.

В работе [3] исследовалась распределенная информационно-телекоммуникационная система с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов, исходя из предположения, что она имеет упорядоченную пространственную конфигурацию и строго определенные взаимодействия между ее составляющими. Развивая подход [3], примем во внимание эффекты неупорядоченности или случайности, которые присущи любой реальной системе связи. В этом случае плоский граф становится неупорядоченным (случайным), то есть в его узлах существует конечная вероятность возникновения связи между смежными узлами.

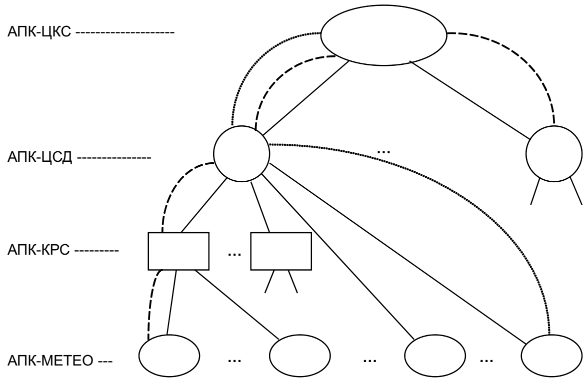

Рис. 1. *Обобщенная структура системы передачи данных*

Концептуально простым примером случайной системы является граф, между соседними узлами которого существуют связи, и часть x этих связей произвольно удаляется. В такой системе неупорядоченность (случайность) единственным образом определяется параметром x – частью связей, которые были удалены, или частью p=1-x связей, которые остались. Очевидно, что для x=0 или p=1 непрерывная сетка связей покрывает всю систему полностью, и ситуация не изменится, даже если x незначительно увеличится, а p уменьшится. С другой стороны, очевидно, что при p=0 сетки связей не существует и картина существенно не изменится и при малых ненулевых значениях p. Поэтому разумно предположить, что имеется некоторое критическое значение p_c такое, при котором, для

$p<p_c$, непрерывной бесконечной траектории, идущей через узлы по связям, не существует, а реализуются лишь отдельные изолированные кластеры из связанных узлов. В случае $p>p_c$ существуют бесконечные кластеры, покрывающие всю систему. Критическое значение p_c известно как порог протекания, это явление называется протеканием по связям (перколяцией), поскольку если представить, что связи – это поры в некотором материале, то существование бесконечного кластера приводит к протеканию жидкости через этот материал.

Перколяционный переход – это своего рода геометрическое фазовое превращение, в котором критическая концентрация p_c разделяет фазу конечных кластеров при $p<p_c$ и фазу бесконечных кластеров при $p>p_c$. Это аналогично температурным фазовым превращениям, где концентрация p играет роль температуры. Точно также превращение характеризуется свойствами кластеров вблизи порога протекания p_c. Например, величина, схожая с параметром порядка, это вероятность P_∞ принадлежности к бесконечному кластеру. По определению P_∞=0 при $p<p_c$, а при $p>p_c$, как известно, P_∞ связано с p–p_c степенной зависимостью

$$P_\infty \approx (p-p_c)^\beta,$$

что аналогично зависимости параметра порядка от температуры. Другая величина, представляющая интерес, – это длина корреляции ξ, то есть среднее расстояние между узлами в конечном кластере. При p, близком к p_c, длина корреляции задается формулой

$$\xi \approx |p-p_c|^{-\delta}. \qquad (1)$$

Другие схожие величины, представляющее интерес, – это среднее число связей в конечном кластере, распределение кластеров по размерам, а также вероятность того, что выбранная связь принадлежит к бесконечному кластеру при $p>p_c$. Вопросы протекания имеют большое практическое значение во многих областях техники, таких как проводимость смеси из проводников и диэлектриков, добыча нефти на месторождении, пакетная передача данных в распределенных информационно-телекоммуникационных системах для труднодоступных объектов.

Проанализируем переход от однородного графа к случайному. В общем случае под графом понимается набор вершин, соединенных между собой ребрами. Однородный граф – это граф, в котором каждый узел связан с k ближайшими соседями (среди которых могут быть как ближайшие соседи, так и соседи ближайших соседей и т. д.), а в случайном графе связан с k случайными соседями. Два параметра характеризуют свойства «ближнего порядка» графа и «дальнего порядка» графа, содержащего N-вершин и $Nk/2$ хорд. Параметр «дальнего порядка» – это среднее минимальное число хорд $h(l)$, необходимое для того, чтобы перейти из одной вершины в другую, находящуюся на расстоянии l, и оно определяет кратчайший путь между двумя вершинами. Характер зависимости кратчайшего пути от l различен для однородных и случайных графов. В то время как для однородного графа очевидно, что $h(l)\sim l$, для случайного графа $h(l)\sim\ln(l)$. Это можно подтвердить простым доказательством. У каждой вершины есть среднее число связанных с ней вершин, равное k, и каждая из них также связана с k вершинами, так, что для каждой вершины k^2 вершин имеют число h=2 и т. д. Таким образом, через h шагов можно достичь вершины, расположенной на расстоянии l от заданной вершины, где $k^h=l$ или $h\sim\ln(l)/\ln(k)$. Можно также определить коэффициент кластеризации C, который является средней долей соседних вершин, соединенных с заданной вершиной. Этот параметр определяет ближний порядок, и очевидно, что он приближается к единице для однородного графа и мал для случайного графа. Отсюда следует, что h и C велики для однородного графа и малы для случайного графа. Еще один тип графа, занимающий промежуточное положение между однородным и случайным, рис. 2, предложен в [4].

При формулировке модели информационно-телекоммуникационной системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов возьмем за основу модель малого мира [4]. Рассмотрим граф G с N вершинами и K ребрами, который является не взвешенным (ребра эквивалентны), редким ($K<<N(N-1)/2$) и связанным (существует, по крайней мере, один путь, соединяющий две любые вершины с конечным числом шагов). Поэтому G можно представить, просто задавая матрицу смежности $N\times N$, чей матричный элемент a_{ij} равен 1, если есть ребро, соединяющее вершину i с вершиной j и равен 0, если ребра нет. Важным свойством G – является степень вершины i, то есть, число k_i ребер, выходящих из вершины i (число ближайших соседей вершины i). Среднее значение k_i равно $k=2K/N$. Когда матрица a_{ij} задана, ее можно использовать для вычисления матрицы путей с самой короткой длиной d_{ij} между двумя вершинами i и j. Тот факт, что G связанный граф, подразумевает, что матричные элементы d_{ij} положительные и конечные для любого $i\neq j$. Для количественного описания структурных свойств вводятся две различных величины: характерная длина пути L и коэффициент кластеризации C. L есть среднее расстояние между двумя вершинами $L=[N(N-1)]^{-1}\Sigma d_{ij}$, а C – локальная характеристика, равная $C=(N-1)\Sigma C_i$. Здесь C_i – число ребер, составляющих G_i – подграф ближайших соседей вершины i, разделенный на максимальное возможное число $k_i(k_i-1)/2$.

Используем простой метод, производящий классы графов с увеличивающейся хаотичностью. Начальный граф G выберем так, чтобы он был одномерной решеткой, в которой каждая вершина, связанна с k ближайшими соседями, и удовлетворял периодическим граничным условиям. Случайно генерируя каждое новое ребро с вероятностью p,

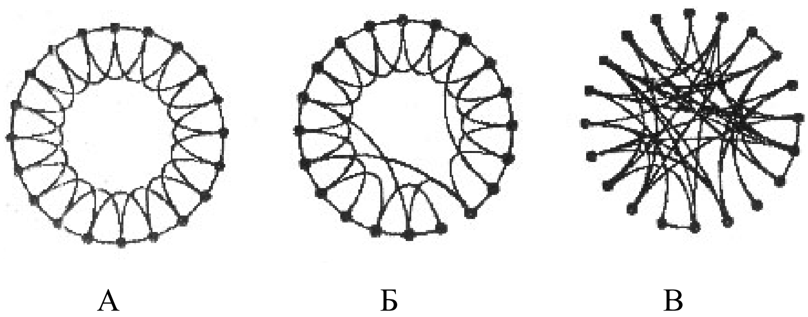

Рис. 2. *Три типа графов: однородный А; однородный с небольшим количеством кратчайших путей (малый мир) Б; случайный В*

G может быть перестроен непрерывным способом из правильной решетки (p=0) в случайный граф (p=1). Для регулярной решетки мы ожидаем $L\approx N/2k$ и большое значение коэффициента кластеризации $C=3(k-2)/4(k-1)$, в то время как для случайного графа $L\sim\ln(N)/\ln(k-1)$ и $C\sim k/N$. Хотя в этих предельных случаях большому C соответствует большой L, и наоборот маленькому C соответствует маленький L, числовой эксперимент показывает промежуточный режим при маленьком p. В этом случае система обладает сильным ближним порядком подобно регулярной решетке, все же имея характерные пути малой длины подобно случайным графам. Такая модель поведения системы называется маленьким миром и хорошо описывает поведение некоторых реальных социальных и биологических сетей [4].

Для описания реальной распределенной информационно-телекоммуникационной системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов ограничения модели малого мира (не взвешенность, редкость, связанность) являются неприемлемыми, поэтому необходимо формулировать более общую модель. Покажем, что, во-первых, поведение такой системы можно описать с помощью единственной переменной с ясным физическим значением – *эффективность передачи информации E*; во-вторых, величины $1/L$ и C могут быть получены как предельные случаи переменной E, соответственно, в глобальном и локальном масштабе; и, в-третьих, можно убрать перечисленные ограничения на модель. Представим распределенную сеть связи с пакетной передачей данных как взвешенный (и возможно даже нередкий и несвязанный) граф G. Такой граф нуждается в двух матрицах: матрице смежности a_{ij}, определенной также как и в случае не взвешенного графа, и матрицы l_{ij} физических расстояний, имеющей смысл некоторой метрики. Число l_{ij} может быть расстоянием между этими двумя вершинами или силой их возможного взаимодействия. Предполагаем, что l_{ij} известно, даже если в графе нет никакого ребра между i и j. Например, l_{ij} может быть географическим расстоянием между узлами связи в системе передачи данных, или временем передачи информационного пакета между узлами связи. Конечно, в специфическом случае не взвешенного графа l_{ij}=1 для любого $i\neq j$. Элемент матрицы путей с самой короткой длиной d_{ij} между двумя вершинами i и j является наименьшей суммой физических расстояний по всем возможным путям в графе от i до j. Матрица d_{ij} может быть рассчитана, используя содержавшуюся информацию в матрице a_{ij} и в матрице l_{ij}. Мы имеем $d_{ij}\geq l_{ij}$ для любого $i\neq j$, причем равенство выполняется, когда есть ребро между i и j.

Поскольку система с пакетной передачей данных параллельна (каждая вершина одновременно посылает информацию по сети, через ее ребра), то эффективность связи ε_{ij} между вершинами i и j тогда может быть определена, как величина обратно пропорциональная самому короткому расстоянию: $\varepsilon_{ij}=1/d_{ij}$ для любого i, j. Когда нет никакого пути в графе между i и j, $d_{ij}=+\infty$ и, следовательно, $\varepsilon_{ij}=0$. Средняя эффективность передачи информации в графе G может быть определена как

$$E(G)=[N(N-1)]^{-1}\sum_{i\neq j\in G}\varepsilon_{ij}=[N(N-1)]^{-1}\sum_{i\neq j\in G}d^{-1}_{ij}. \quad (2)$$

Чтобы нормировать E, рассмотрим идеальный случай G_{id}, в котором граф G имеет все $N(N-1)/2$ возможных ребра. В таком случае информация распространяется самым эффективным способом для $d_{ij}\geq l_{ij}$ для любого i, j, и E принимает максимальное значение при $E(G_{id})=[N(N-1)]^{-1}\Sigma l_{ij}^{-1}$. Эффективность $E(G)$, используемая ниже всегда делится на $E(G_{id})$ и, поэтому $0\leq E(G)\leq 1$. Хотя равенство E=1 выполняется, когда есть ребра между всеми вершинами, реальные сети тоже могут достигнуть высокого значения E.

Опишем распределенную информационно-телекоммуникационную систему с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов, используя единственную величину E, чтобы одновременно анализировать и локальное и глобальное поведение системы, а не две различных переменные L и C. Величина E в (2) – есть глобальная эффективность G, и поэтому определим ее как E_{glob}. Так как E определенна и для несвязанного графа мы можем описать локальные свойства G, оценивая для каждой вершины i эффективность G_i, подграфа ближайших соседей i. Определим локальную эффективность как среднюю эффективность локальных подграфов, $E_{lok}=N^{-1}\Sigma E(G_i)$. Эта величина играет роль, подобную роли коэффициента кластеризации C. Так как i не принадлежит G_i, локальная эффективность E_{lok} показывает насколько система толерантна к ошибкам (сбоям). Она показывает, насколько эффективна связь между первыми ближайшими соседями i, когда i удален. Таким образом, определение распределенной информационно-телекоммуникационной системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов может быть качественно сформулировано в терминах информационного потока: система имеет высокие E_{glob} и E_{lok}, то есть, очень эффективна в глобальной и локальной связи. Это определение правильно, как и для не взвешенного, так и для взвешенного графа, и может быть применено к несвязанным и (или) нередким графам.

Интересно проследить связь между нашей величиной E и переменными $1/L$ и C. Фундаментальное различие состоит в том, что E_{glob} является эффективностью параллельной системы, где все узлы в сети одновременно обмениваются информационными пакетами, в то время как $1/L$ описывает эффективность последовательной системы (только один информационный пакет продвигается по сети). $1/L$ – предельный случай E_{glob}, когда нет никаких больших различий среди расстояний в графе, и это объясняет, почему $1/L$ хорошо работает в не взвешенных сетях [4]. Но, вообще, L может значительно отличатся от E_{glob}. Например, в распределенной информационно-телекоммуникационной системе с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов, наличие нескольких АПК с чрезвычайно медленными связями практически не приводит к уменьшению полной эффективности системы. Присутствие таких очень медленных АПК будет незаметным, потому что другие тысячи АПК обмениваются пакетами между собой очень эффективным способом. Здесь $1/L$ дал бы число очень близкое к нолю (строго 0 в специфическом случае, когда АПК отсоединен от других и L=+∞), в то время как E_{glob} дает правильную меру эффективности системы. Локальная характеристика сети C является только одной среди многих возможных величин, показывающих как хорошо соединился кластер (группа). Когда в графе, большинство его локальных подграфов G_i не редко, тогда C – хорошее приближение к E_{lok}. Поэтому вместо двух различных переменных, описывающих систему с пакетной передачей данных в глобальном и локальном масштабе, разумно использовать только одну величину с очень ясным физическим значением: эффективностью в передаче информации.

Введем вероятность $P(l) \sim l^{-\delta}$ существования связи между двумя вершинами в графе на расстоянии l. Если δ=0, $P(l)$ постоянная и связи всех размеров одинаково вероятны, как в случайном графе, рис. 2. С другой стороны, если величина δ очень велика, то дальние связи малы, поэтому получается однородный граф, содержащий только ближние связи. При δ, принимающей промежуточное значение, получаем модель малого мира. Получается, что при $\delta<\delta_1$ система ведет себя как случайный граф, при $\delta<\delta_1<\delta_2$ как граф малого мира, а при $\delta>\delta_2$ как однородный граф. Предположим, что степенной закон распределения $P(l) \sim l^{-\delta}$ вероятности реализации связи между вершинами выполняется для распределенной системы с пакетной передачей данных. Центральная предельная теорема утверждает, что для независимых случайных событий с конечным средним a и дисперсией σ случайная переменная x подчиняется нормальному закону распределения:

$$P(x) = (2\pi\sigma)^{-1/2} \exp[-(x-a)^2 / 2\sigma].$$

Колоколобразная кривая нормального закона распределения, вероятно, является наиболее часто встречаемой в литературе. В нашем случае вместо закона нормального распределения имеет место степенной. Он совпадает с пространственной зависимостью функции корреляции в критической точке фазового перехода (1) и зависимостью длины корреляции в низкотемпературной области. В отличие от этих частных случаев систем, находящихся в состоянии равновесия, существует большой класс неравновесных явлений, подчиняющихся степенным законам [5]. Вследствие внутренней динамики такие системы спонтанно переходят в критические состояния вне зависимости от значений внешних параметров, поэтому такое поведение называется самоорганизованной критичностью. Другое название этих систем – безмасштабные системы, т. к. степенной закон является масштабно-инвариантным и не включает в себя характерные длины. Эти случаи аналогичны равновесной системе вблизи критической точки, в которой малые длины не имеют значения, а важна только характерная длина, являющаяся длиной корреляции. Последняя расходится в критической точке, поэтому в этом состоянии характерная длина отсутствует.

Выводы

1. Распределенная информационно-телекоммуникационная система с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов проявляет свойства безмасштабной сети (малого мира), обладая ближней структурой, как у однородных систем, и дальней структурой, подобно случайным системам.
2. Такая сеть описывается степенным законом распределения для вероятности реализации связи между двумя вершинами и имеет топологическую структуру, заметно отличающуюся от обычной (экспоненциальный закон распределения), которая характерна для сетей, подчиняющихся нормальному закону распределения. В экспоненциальных сетях почти все вершины имеют более или менее одинаковое число связей, близкое к среднему, и система однородна. В распределенной информационно-телекоммуникационной системе с пакетной передачей данных (безмашстабной сети) все по-другому.
3. Динамика этих сетей такова, что отвечает принципу «богатый богатеет еще больше» или «победитель получает все». Это означает, что безмасштабные сети очень неоднородные и очень

немного вершин (концентратов) имеют большое количество связей, а большинство вершин имеют лишь несколько связей, рис. 2. Такая структура довольно типична для распределенной информационно-телекоммуникационной системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов, которая соединяет множества узлов связи, используя концентраторы (например, АПК-КРС) в качестве промежуточных станций для соединения маршрутов, рис. 1.

4. Важное отличие между экспоненциальной и безмасштабной сетью – это различная реакция на повреждение. Под повреждением понимается устранение некоторых вершин и всех связей, идущих от вершины. Интуитивно ясно, что безмасштабные сети весьма устойчивы по отношению к случайным повреждениям, однако очень чувствительны к намеренным повреждениям, направленным на концентраторы, которые приводят к разрушению большого количества связей и нарушению взаимодействия между различными частями сети. Если агрессивное воздействие будет направлено на уничтожение концентраторов, то даже если устранить менее 10 % таких узлов, сеть связи распадется на несвязанные между собой кластеры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. – М.: Наука, 1978. – 400 с.
2. Сонькин М.А., Слядников Е.Е. Архитектура и общая технология функционирования территориально распределенных аппаратно-программных комплексов с пакетной передачей данных // Известия Томского политехнического университета. – 2006. – Т. 309. – № 5. – С. 131–139.
3. Сонькин М.А., Слядников Е.Е. Об одном подходе к оптимизации функционирования многоканальной системы связи для труднодоступных объектов // Вычислительные технологии. – 2007. – Т. 12. – Спец. вып. 1. – С. 17–22.
4. Watts D.J., Strogatz S.H. Collective dynamics Small-World Networks // Nature. – 1998. – V. 393. – № 4. – P. 440–442.
5. Хакен Г. Синергетика. – М.: Мир, 1980. – 404 с.

Поступила 30.09.2008 г.

УДК 004.056.55

МОДЕЛЬ НАДЕЖНОСТИ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ В ЗАЩИЩЕННОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

А.Ю. Крайнов, Р.В. Мещеряков*, А.А. Шелупанов**

Томский государственный университет
*Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники
**Томский научный центр СО РАН
E-mail: office@security.tomsk.ru

Рассмотрены подходы к построению модели надежности защищенности распределенной телекоммуникационной сети. Предлагается использовать классическую теорию надежности для формирования показателей качества работы системы.

Ключевые слова:
Надежность, критерий, защищенная сеть, телекоммуникационная система.

Разрабатываемая сеть на основе пакетного контроллера [1] предполагает проектирование на концептуальном уровне и формирование некоторой модели распределения узлов обработки и передачи данных. В виду того, что предполагаемое использование сети определяется обработки сведений ограниченного распространения, требуется повышенное внимание к защищенности и надежности функционировании сети, обеспечению информационной безопасности.

При создании сложной иерархической структуры распределенной сети передачи данных необходимо уделить большое внимание надежности ее работы [2]. Принципиальным моментом является то, что в условиях значительной удаленности населенных пунктов, отсутствия развитой инфраструктуры нет возможности заменить или быстро наладить сеть. Проектируемая сеть, как правило, может работать в режимах «точка-точка» и «центр – широковещательная передача из центра».

Рассматривая схемы по повышению надежности, можно выделить следующие из них, которые подходят для построения надежной распределенной сети передачи данных:

- параллельная работа;
- дублирование;
- резервирование.