

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники

УДК 004.056:657.6(476)

Михайловский
Евгений Борисович

Построение сетевидрической системы распределения информации

АВТОРЕФЕРАТ

на соискание степени магистра техники и технологии
по специальности 1-45 81 01 Инфокоммуникационные системы и сети

Научный руководитель
Селезнев Игорь Львович
к.т.н, доцент

Минск, 2017

Актуальность проблемы

Современная концепция распределения информации базируется на новых технологиях, в первую очередь – на информационно-телекоммуникационных технологиях, которые позволяют обеспечить максимально высокие показатели управления такие, как оперативность принятия решений и эффективность взаимодействия участвующих в обмене информацией узлов. В рамках осуществления сетцентрической концепции, развивается и соответствующая концепция построения центров обработки данных (ЦОД), как составной части АСУ специального назначения. По сути, данная концепция состоит в информационной интеграции всех подсистем на базе единой сети передачи данных.

Сетцентрическая концепция требует объединения всех современных разработок и методологий построения и проектирования распределённых систем, начиная от парадигм проектирования распределённого программного обеспечения (например, GRID, SOA) и заканчивая использованием перспективных средств, отвечающих за передачу данных (например, технология MPLS). Существенно, что применение новой концепции порождает большой объем передаваемой информации, но при этом нерешенным остается вопрос с ограниченной пропускной способностью каналов передачи данных систем специального назначения, что существенно влияет на показатели качества функционирования системы в целом.

В диссертационной работе исследуются и разрабатываются методы и средства обоснования архитектуры информационных систем сетцентрического типа специального назначения. Решаются задачи размещения ЦОД в сетцентрической системе (СС) специального назначения и оценки качества функционирования системы в условиях ограниченной пропускной способности каналов передачи данных.

На данный момент существуют два класса моделей и методов для исследования проблемы построения СС. Один класс относится к решению задач дискретной оптимизации размещения центров и покрытия множеств и имеет многочисленные приложения. Другой класс описывает вероятностные модели телекоммуникационных сетей, которые в современной терминологии принято называть мультисервисными моделями. Специфика построения СС требует применения моделей обоих типов, что влечет необходимость проведения комплексных исследований для обеспечения большей адекватности и достоверности планируемых результатов. Значительный вклад в развитие соответствующих методов сделали следующие отечественные и

зарубежные ученые и специалисты: Башарин Г.П., Вишневский В.М., Емеличев В.А., Журавлев Ю.И., Самуилов К.Е., Соколов И.А., Шоргин С.Я., Joshi D, Kelly F., Kleinrock L., Ross K., Spohn M. другие. Все вышеизложенное обосновывает актуальность темы диссертационной работы.

Объектом исследований диссертационной работы является архитектура информационных систем сетецентрического типа специального назначения, построенная на базе ЦОД в составе оборудования телекоммуникационной сети с ограниченной пропускной способностью каналов передачи данных (звеньев сети).

Предметом исследований работы являются методы и средства обоснования и построения архитектуры СС -в условиях ограниченных пропускных способностей каналов передачи данных, а также методы анализа показателей качества функционирования СС.

Цель диссертационной работы и задачи исследования. Целью диссертационной работы является разработка моделей и методов, предназначенных для решения задачи размещения ЦОД на телекоммуникационной сети с ограниченной пропускной способностью. Для достижения поставленной цели в работе сформулированы и решены перечисленные ниже основные задачи.

- Разработка математической модели размещения ЦОД на графе сети СС и модели обслуживания трафика абонентов в условиях ограниченной пропускной способности звеньев сети;

- Разработка методов для анализа показателей качества функционирования СС, включая построение и анализ вероятностной модели отдельного звена сети и метод расчета величины обслуженной системой нагрузки;

- Разработка алгоритмов для расчета структурных и нагрузочных параметров сетецентрической системы;

- Разработка методики сбора исходных данных, расчета параметров сетевой инфраструктуры СС и показателей качества ее функционирования.

Методы исследования. В работе использованы методы теории графов, теории оптимизации, теории алгоритмов, теории вероятностей и теории телетрафика, методы математического моделирования.

Положения, выносимые на защиту:

- 1 Эффективность использования сетецентрического подхода в системах распределения информации;

2 Возможность построения математической модели сетцентрической системы распределения информации в виде графа.

Научная новизна работы состоит в следующем:

1 Разработана модель СС в виде графа сети и сформулирована задача размещения центров обработки данных;

2 Исследован и модифицирован метод решения задачи размещения центров на графе сети СС в условиях ограничений на пропускные способности звеньев сети;

3 Построена вероятностная модель и разработаны методы анализа основных вероятностных характеристик сетцентрической системы – вероятности блокировки запросов абонентов и величины обслуженной сетью нагрузки;

4 Разработаны алгоритмы для сбора данных, расчета структурных и нагрузочных параметров СС.

Практическая ценность работы. Математические модели, методы, вычислительные алгоритмы, разработанные в диссертационной работе, предназначены для расчета и анализа структурных и нагрузочных параметров сетцентрической системы при решении задачи размещения узлов АСУ специального назначения на сети с каналами с ограниченной пропускной способностью. Результаты работы могут быть использованы при проектировании СС специального назначения для обоснованного выбора структурных параметров и прогнозной оценки качества функционирования.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулирована цель исследований, кратко изложены содержание и полученные автором основные результаты, охарактеризованы их научная новизна и практическая ценность.

В главе 1 проведены исследования и анализ задач, возникающих при построении СС.

Показано, что сетцентрическая концепция обмена информацией, являясь, по сути, концепцией информационной интеграции участвующих в обмене информацией узлов, основана на архитектуре, включающей три базовые компоненты – подсети: подсеть сенсоров (sensors), подсеть органов принятия решений (decision makers) и подсеть средств воздействия (effectors). Сенсоры обеспечивают получение информации обо всех источниках внешнего

воздействия. Органы принятия решений реализуют функции анализа ситуации, принятия и реализации решений по управлению сенсорами и средствами воздействия. Средства воздействия выполняют взаимодействие с внешней средой. Таким образом, как объект исследований диссертационной работы, СС представляет собой распределенную информационно-вычислительную сетевую среду, имеющую в своем составе абонентские узлы (вычислительные станции сенсоров и средств воздействия), ЦОД (сервера автоматизированных систем анализа и принятия решений) и телекоммуникационное оборудование (маршрутизаторы, линии связи и пр.). В соответствии с основными задачами диссертационной работы исследованы сетевые технологии, обеспечивающие эффективное решение задач маршрутизации и управления потоками данных в сетевцентрической системе. Наиболее перспективной для решения этих задач является многопротокольная технология коммутации по меткам (MPLS), разработанная для обеспечения качества передачи информации в IP-сетях.

Основным результатом главы, полученным на основании обзора и анализа литературных источников, является постановка общей задачи оптимизации архитектуры СС, суть которой заключается в следующем.

Известны основные структурные и нагрузочные параметры инфраструктуры СС:

- структура базовой сети передачи данных, пропускная способность звеньев сети, алгоритмы маршрутизации информационных потоков;
- точки присоединения абонентских узлов к базовой сети, пропускные способности абонентских линий;
- нагрузочные параметры трафика, передаваемого между абонентскими узлами и ЦОД.

Задача состоит в построении СС по критериям оптимальности оперативности управления и информированности в условиях распределенной инфокоммуникационной среды с ограниченными пропускными способностями каналов передачи данных. В качестве целевой функции оптимизации показателей качества функционирования СС выбрана величина обслуженной нагрузки, т.е. той части информации, которая может быть пропущена сетью в условиях ограниченной пропускной способности ее звеньев. Выбранный показатель качества СС зависит от числа и места размещения (привязка к узлам сети) ЦОД. Поэтому критериями исследуемой задачи являются:

- минимум числа ЦОД в структуре СС;
- максимум переданной информации (обслуженной системой нагрузкой).

Глава 2 посвящена построению формальной модели, описывающей функционирование основных элементов сетевой инфраструктуры СС, выбору и обоснованию методов анализа и алгоритмического обеспечения решаемых задач. Пример сети СС показан на рис. 1.

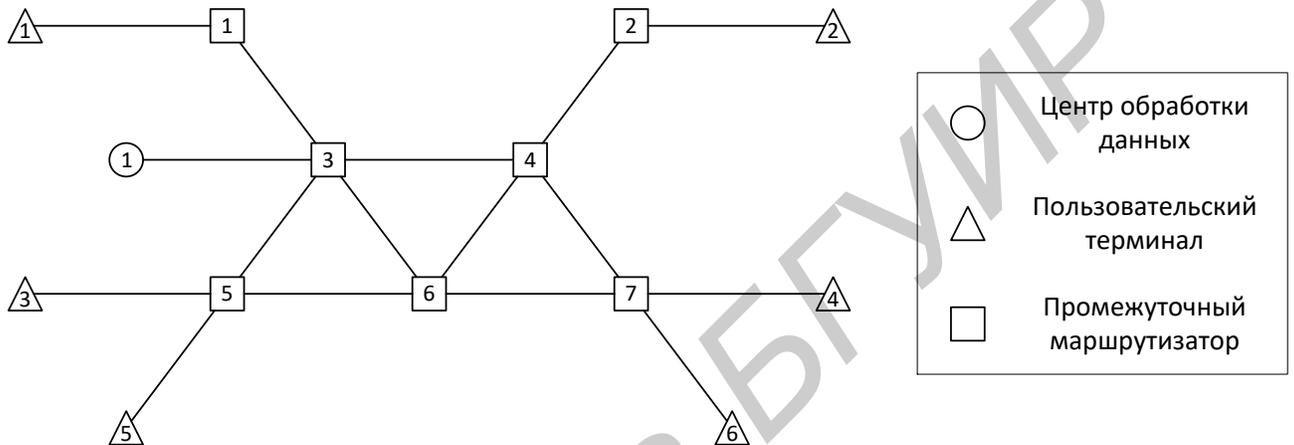


Рисунок 1 – Пример сети СС

Исследуемую систему удобно представить в виде графа $G(Y, \mathcal{E})$, $\mathcal{E} \subseteq Y \times Y$, где каждой вершине соответствует узел сетецентрической системы (абонент, маршрутизатор или узел предполагаемого размещения ЦОД), а ребрам – звенья телекоммуникационной сети. На множестве вершин графа G введем разбиение $Y = Y_S \cup Y_R \cup Y_T$ такое, что Y_T – множество вершин, соответствующих узлам размещения ЦОД; Y_S – множество вершин, соответствующих абонентским узлам; Y_R – множество вершин, соответствующих транзитным маршрутизаторам. Пример такого графа показан на рис. 2, где $Y_S = \{x_1, x_6, x_9, x_{10}, x_{12}, x_{13}\}$, $Y_T = \{x_{18}\}$ и $Y_R = \{x_2, x_3, x_4, x_5, x_7, x_8, x_{11}\}$.

Формулировку задачи проведем в два этапа. На первом этапе, в соответствии с известной постановкой задачи (k, r) -размещения центров будем использовать следующие обозначения: $C(x_i, x_j)$ – пропускная способность ребра $(x_i, x_j) \in \mathcal{E}$; $d(x_i, x_j)$ – минимальное расстояние между вершинами $x_i \in Y$ и $x_j \in Y$; r – ограничение на расстояние от вершины графа до центра обработки данных; $\mathcal{M}_C = \{s, s \in Y_S, d(s, c) \leq r\}$ – множество достижимости для вершины $c \in Y_C$;

ω_c – стоимость включения вершины $c \in \Upsilon_C$ в множество Υ_T ; k_s – ограничение снизу на число центров для вершины $s \in \Upsilon_S$, $k = \max_{s \in \Upsilon} (k_s)$; $l(\cdot)$ –

характеристическая функция.

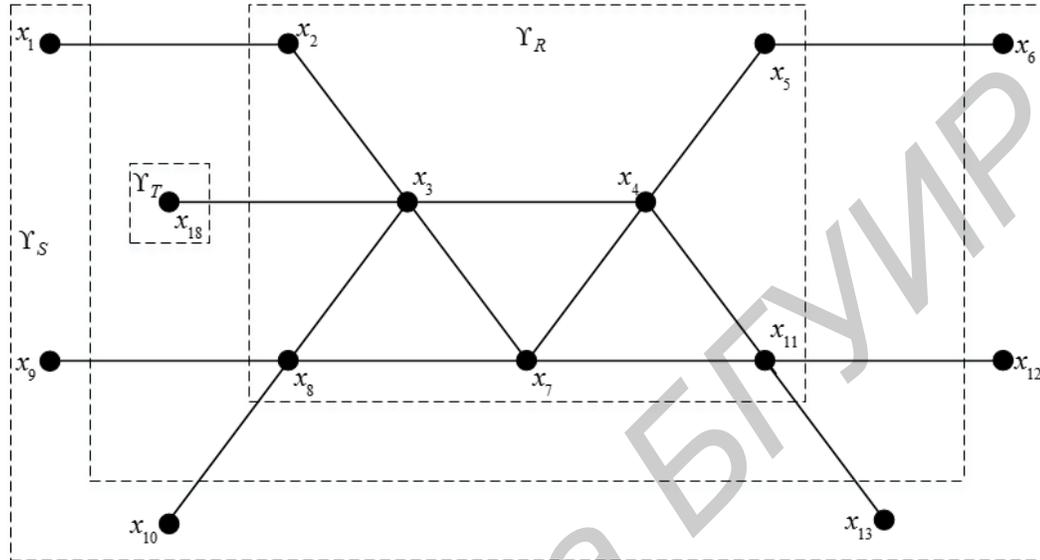


Рисунок 2 – Пример графа сетцентрической системы

Тогда задача размещения центров на графе сетцентрической системы может быть записана в следующем виде:

$$\sum_{x \in \Upsilon} l(x_i \in \Upsilon_T) \omega_x \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\sum_{x \in \Upsilon} l(x_j \in \mathcal{N}_j) l(x_i \in \Upsilon_T) \geq k_j, \quad x_j \in \Upsilon_S, \quad (2)$$

Вторым этапом является формулировка задачи оптимизации показателей качества СС. В качестве такого параметра в диссертационной работе выбрана величина обслуженной системой нагрузки, которая создается передаваемыми по запросам абонентов из ЦОД потоками блоков данных и которую требуется максимизировать. Общая задача оптимизации обслуженной нагрузки в СС записывается в виде:

$$\tilde{a} = \sum_{s \in \Upsilon} \sum_{t \in \Upsilon} \sum_{l(s,t) \in \mathcal{L}(s,t)} \sum_{n \in \mathcal{N}} a_{in}(s,t) (1 - B_{in}(s,t)) \rightarrow \max, \quad (3)$$

$$B(s) = 1 - \prod_{n \in \mathcal{N}} \left(1 - \prod_{t \in \Upsilon} \prod_{l(s,t) \in \mathcal{L}(s,t)} B_{in}(s,t) \right) \leq B^*, \quad s \in \Upsilon_S, \quad (4)$$

где \tilde{a} - величина обслуженной системой нагрузки; $B(s)$ - вероятность блокировки передачи блока данных абонента $s \in \Upsilon_S$; B^* - требование к качеству обслуживания абонентов (ограничение на вероятность блокировки).

Таким образом, в главе 2 диссертационной работы получена одна из возможных формулировок общей задачи оптимизации СС с целевыми функциями (1), (3) и системой ограничений (2), (4). Данная задача является NP-сложной, а метод ее решения в настоящее время не известен. В разделе 2.2 диссертационной работы предложена модификация алгоритма М. Спона для решения задачи (k, r) -размещения центров и разработан пример, иллюстрирующий работу алгоритма.

- 1 Для всех $c \in \Upsilon_C$ выполнять
- 2 Вычислить \mathcal{M}_c
- 3 $\Upsilon_T \leftarrow \emptyset, \Upsilon_I \leftarrow \emptyset, \gamma \leftarrow 0$
- 4 Пока $\Upsilon_S \setminus \Upsilon_I \neq \emptyset$ выполнять
- 5 Для всех $c \in \Upsilon_C$ выполнять
- 6 Если $|(\Upsilon_S \setminus \Upsilon_I) \cap \mathcal{M}_c| / \omega_c \geq \gamma$, то
- 7 $\gamma \leftarrow |(\Upsilon_S \setminus \Upsilon_I) \cap \mathcal{M}_c| / \omega_c$
- 8 $v \leftarrow c$
- 9 $\Upsilon_T \leftarrow \Upsilon_T \cup \{v\}$
- 10 $\Upsilon_C \leftarrow \Upsilon_C \setminus \{v\}$
- 11 Для всех $s \in (\Upsilon_S \setminus \Upsilon_I) \cap \mathcal{M}_c$ выполнять
- 12 $k_s \leftarrow k_s - 1$
- 13 Если $k_s = 0$, то
- 14 $\Upsilon_S \leftarrow \Upsilon_S \setminus \{s\}$
- 15 $\Upsilon_I \leftarrow \Upsilon_I \cup \{s\}$
- 16 Возвратить Υ_T

Для достижения цели исследований предлагается инженерный подход проектирования инфраструктуры СС, который состоит из двух последовательно решаемых задач.

1 Решается задача оптимального размещения ЦОД по критерию минимизации их количества ЦОД в пределах директивных расстояний от центров до абонентских узлов с использованием метрики протокола OSPF.

Результатом расчетов являются данные о размещении центров на графе сети, маршруты и оценка величин пропущенных потоков с учетом ограничений на пропускные способности звеньев сети.

2 Имея данные о размещении центров и маршрутизации потоков, решается задача оценки показателей качества функционирования СС: вероятностей блокировок передачи блоков данных и величины обслуженной системой нагрузки.

В главе 3 построена модель, позволяющая получить формулы для расчета вероятностных характеристик исследуемой СС - вероятности блокировки запросов абонентов, а также величины обслуженной системой нагрузки.

Для обоснования задачи вероятностного анализа СС пример графа, которой показан на рис. 2, вводится следующая система обозначений: \mathcal{N} - множество предоставляемых ЦОД типов данных; θ_n - длина блока данных n -типа (n -блока); b - требование к минимальному значению ШПП, для передачи блока данных любого типа; $\lambda_n(s, t)$ - интенсивность потока запросов s -абонента в t -центр на передачу n -блока; $a_n(s, t) = \lambda_n(s, t)\theta_n$ - нагрузка, создаваемая n -блоками между s -абонентом и t -центром (предложенная нагрузка); $\mathcal{L}(s, t)$ - множество маршрутов между s -абонентом и t -центром; $l_i(s, t)$ - i -маршрут доставки информации между s -абонентом и t -центром; $a_{in}(s, t)$ - доля предложенной n -блоками нагрузки на $l_i(s, t)$ -маршруте; $a_i(s, t) = \sum_{n \in \mathcal{N}} a_{in}(s, t)$ - предложенная нагрузка на $l_i(s, t)$ -маршруте; $\mathcal{E}_i(s, t)$ - множество звеньев $l_i(s, t)$ -маршрута; $B_{in}(s, t)$ - вероятность блокировки n -блока на $l_i(s, t)$ -маршруте.

Пример схемы модели СС показан на рис. 3, где проиллюстрированы введенные выше обозначения. Эти обозначения были использованы выше в формулировке задачи оптимизации обслуженной нагрузки абонентов. Из формулы (3) видно, что, при известных значениях величин предложенных нагрузок $a_{in}(s, t)$ и известных множествах маршрутов $\mathcal{L}(s, t)$, задача оценки величины обслуженной нагрузки сводится к вычислению вероятностей блокировок $B_{in}(s, t)$. Эти вероятности в предположении, что блокировки на всех звеньях $l_i(s, t)$ -маршрута происходят независимо в совокупности, можно представить в виде

$$B_{in}^e(s, t) \approx 1 - \prod_{e \in \mathcal{E}(s, t)} \left(1 - B_{in}^e(s, t)\right)^5, \quad n \in \mathcal{N}, \quad l_i(s, t) \in \mathcal{L}(s, t), \quad t \in \Upsilon_T, \quad s \in \Upsilon_S, \quad (5)$$

где $B_{in}^e(s, t)$ – вероятность блокировки запроса на передачу n -блока на e звене маршрута $l_i(s, t)$.

Предположение о независимости блокировок лежит в основе известного метода приближенного расчета вероятностей блокировок - метода просеянной нагрузки, изначально разработанного Ф. Келли для сетей с коммутацией каналов. Данный подход предполагает наличие точного метода для расчета вероятностей блокировок $B_{in}^e(s, t)$ на отдельном звене сети. Литературный обзор и обоснование применения метода просеянной нагрузки к анализу вероятностных характеристик СС проведено в разделе 3.3, а в разделе 3.2 диссертационной работы построена модель отдельного звена сети СС и получены формулы для вычисления искомых вероятностных характеристик.

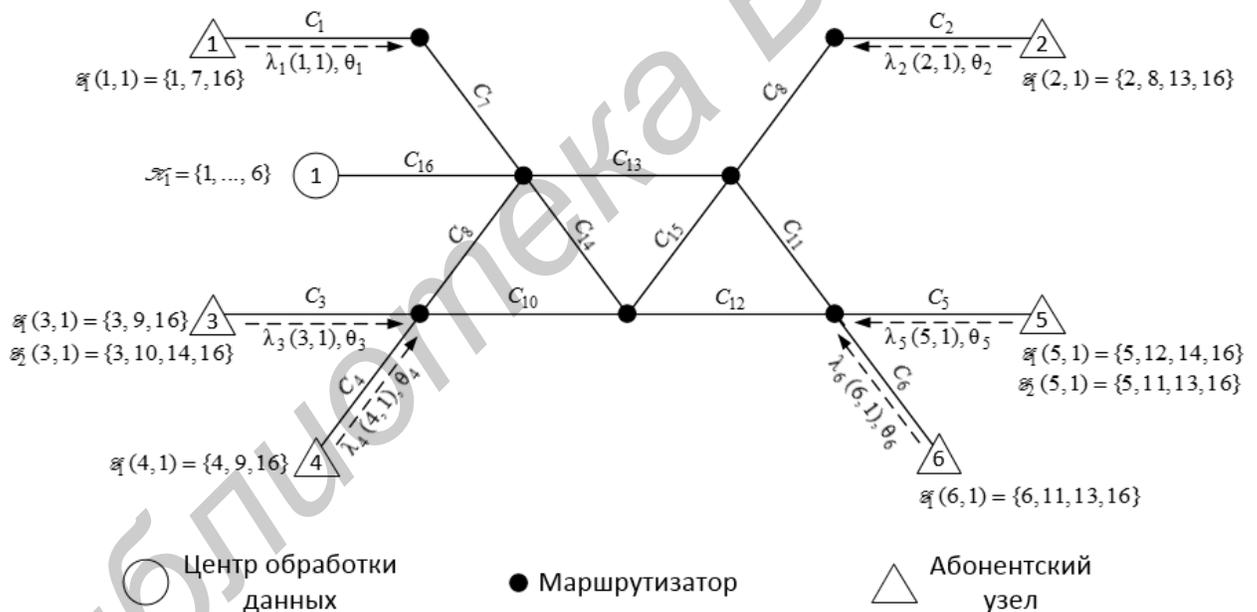


Рисунок 3 – Схема модели сетевцентрической системы

Показано, что для любого отдельно взятого звена сети вероятность $B_{in}^e(s, t)$ вычисляется по формуле

$$B_{in}^e(s, t) = B^e = \frac{(a^e)^{[C/b]} (C^e - a^e)}{(C^e)^{[C/b]+1} - (a^e)^{[C/b]+1}}, \quad e \in \mathcal{E} \quad (6)$$

где C^e – измеряемая в условных единицах емкость e -звена, a^e – величина поступающей на e -звенно предложенной нагрузки. Тогда «просеянная» нагрузка a^e равна предложенной на e -звенно нагрузке, которая не была потеряна на других звеньях маршрута, т. е.

$$a^e = \sum_{s \in \Upsilon} \sum_{t \in \Upsilon} \sum_{l(s,t) \in \mathcal{L}(s,t)} \sum_{n \in \mathcal{N}} a_{in}(s,t) \prod_{e \in \mathcal{E}(s,t) \setminus \{e\}} (1 - B^e), \quad e \in \mathcal{E} \quad (7)$$

Таким образом, вычисление вероятностей $B_{in}(s,t)$ сводится к нахождению решения системы трансцендентных уравнений (6)-(7). Это решение может быть найдено методом простых итераций по предлагаемому ниже алгоритму.

1: $\varepsilon \leftarrow \bar{\varepsilon}$ (например, $\bar{\varepsilon} = 10^{-2}$)

2: $B^e \leftarrow \bar{B}^e$, $e \in \mathcal{E}$ (например, $\bar{B}^e = 0,5$)

3: пока $\varepsilon > \varepsilon_0$ (например, $\varepsilon_0 = 10^{-5}$), выполнять

4: $a^e \leftarrow \sum_{s \in \Upsilon} \sum_{t \in \Upsilon} \sum_{l(s,t) \in \mathcal{L}(s,t)} \sum_{n \in \mathcal{N}} a_{in}(s,t) \prod_{e \in \mathcal{E}(s,t) \setminus \{e\}} (1 - B^e)$, $e \in \mathcal{E}$

5: $B^e \leftarrow \frac{(a^e)^{[C/b]} (C^e - a^e)}{(C^e)^{[C/b]+1} - (a^e)^{[C/b]+1}}$, $e \in \mathcal{E}$

6: $\varepsilon \leftarrow \sum_{e \in \mathcal{E}} |\tilde{B}^e - B^e|$

7: $B^e \leftarrow \tilde{B}^e$, $e \in \mathcal{E}$

8: $B_{in}^* = 1 - \prod_{e \in \mathcal{E}(s,t)} (1 - B^e)$, $n \in \mathcal{N}$, $l_i(s,t) \in \mathcal{L}(s,t)$, $t \in \Upsilon_T$, $s \in \Upsilon_S$

9: вернуть B_{in}^* , $n \in \mathcal{N}$, $l_i(s,t) \in \mathcal{L}(s,t)$, $t \in \Upsilon_T$, $s \in \Upsilon_S$

В главе 4 изложено основное описание протоколов, используемых в стецентрических системах распределения информации. Проведено сравнение принципов передачи трафика в сетях IP

В IP технология принято разделять трафик на 3 типа:

1 Unicast – один отправитель и один получатель. Данный тип трафика является самым распространенным и используется повсеместно;

2 Broadcast – один отправитель и все получатели. Данный тип трафика, как правило, используется в прикладных целях, например, для регистрации нового устройства в сети или поиска нужного узла в сети;

3 Multicast – один отправитель и группа получателей. Является специальным типом трафика. Именно мультивещание является предпочтительным для мультимедийных сервисов, таких как IPTV или Интернет-радио. Так же данный протокол используется в некоторых протоколах маршрутизации или в репликации данных.

Для построения сетевых систем распределения информации наиболее оптимальным является использование групповой рассылки трафика.

Качество передачи трафика в публичных сетях IP обеспечивается протоколом MPLS – многопротокольную коммутацию по меткам. Технология использует и развивает концепцию виртуальных каналов в сетях X.25, Frame Relay и ATM, объединяя ее с техникой выбора путей на основе информации о топологии и текущей загрузке сети, получаемой с помощью протоколов IP. Хотя изначально технология MPLS разрабатывалась для ускорения маршрутизации пакетов, сегодня, вследствие значительного повышения производительности коммутационного оборудования, обеспечение функций управления трафиком в сетях IP, а также организация виртуальных частных сетей (Virtual Private Network VPN) поверх существующих сетей на базе протокола IP стали основными целями ее внедрения. Эти цели практически совпадают с основными требованиями к телекоммуникационным сетям в составе СС. В MPLS передача данных выполняется исключительно на основе меток. Любой передаваемый пакет ассоциируется с тем или иным классом эквивалентности передачи FEC (Forwarding Equivalence Class), каждый из которых идентифицируется определенной меткой. Значение метки уникально лишь для участка пути между соседними узлами сети MPLS. Метка передается в составе любого пакета, причем способ ее привязки к пакету зависит от используемой технологии канального уровня.

В сети клиента контроль передачи группового трафика обеспечивается протоколом IGMP – Internet Group Management Protocol (протокол управления группами Интернета) – протокол управления групповой передачей данных в сетях, основанных на протоколе IP. Данный протокол служит для управления групповым трафиком в пределах одного сегмента. Для маршрутизации многоадресного потока в магистральных сетях используется протокол PIM (рисунок 4).

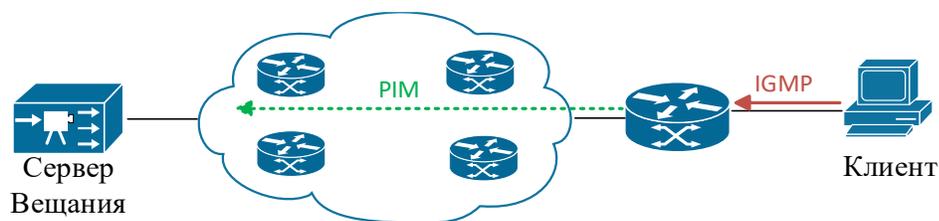


Рисунок 4 – протоколы управления групповой рассылки

Главной задачей протокола IGMP является управление трафиком в рамках одной подсети. Каждый клиент, который хочет начать прием группового трафика отправляет сообщение Join на маршрутизатор. Для отказа от рассылки клиент должен отправить сообщение Leave.

Протокол PIM (Protocol Independent Multicast) является основным протоколом для решения задачи маршрутизации трафика от источника к клиенту. Основная его цель – передача группового трафика через сеть провайдера с наименьшими затратами.

Протокол не зависит от какого-либо конкретного способа маршрутизации. Для своей работы он использует таблицу маршрутизации для Unicast трафика. При этом создается отдельная таблица маршрутизации, содержащая данные об IP адресе группы и IP адресе источника для этой группы.

Протокол работает в 2-ух режимах: плотном и разряженном. Плотный режим прост в настройке, подходит для небольших сетей. В данном режиме трафик рассылается всем, при необходимости клиент сам должен от него отказаться.

В разряженном режиме трафик предоставляется по запросу от клиента, протокол более сложен для настройки и хорошо поддается масштабированию.

Описанные протоколы позволяют обеспечить приемлемое качество передачи данных при оптимальном использовании полосы пропускания в сетях IP.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ И ВЫВОДЫ

1 Проведенный анализ сетевых распределений информации показал, что при решении задачи размещения ЦОД в инфраструктуре СС необходимо учитывать объемы потоков данных, передаваемых в условиях ограниченной пропускной способности телекоммуникационной

составляющей и характеристики трафика абонентов. Математическая модель сетевой инфраструктуры СС поострена в виде графа, на котором решается задача (k,r) -размещения центров с учетом ограничений на пропускную способность ребер. Величины потоков определяются в соответствии с моделью трафика, учитывающей случайный характер потока запросов абонентов системы, типы и объемы передаваемых центрами блоков данных;

2 Сформулирована общая задача оптимизации СС, целевыми функциями которой являются минимальное число ЦОД и максимальное значение обслуженной нагрузки, зависящие от маршрутизации потоков и вероятностей блокировок запросов абонентов. Предложена методика, состоящая из двух этапов: на этапе 1 решается задача размещения ЦОД по критерию минимизации расстояния от абонентских узлов; на этапе 2 решается задача оценки величины обслуженной системой нагрузки;

3 В терминах теории телетрафика построена вероятностная модель обслуживания трафика и разработан метод анализа вероятностных характеристик СС. Формулы для отдельного звена сети получены в аналитическом виде, удобном для анализа сетевой модели с учетом маршрутизации трафика;

4 Разработаны алгоритмы для численного решения задачи размещения ЦОД и расчета показателей качества СС. Разработана инженерная методика для поддержки процесса проектирования СС в части расчета и анализа ее структурных и нагрузочных параметров;

5 Показано, что количество ЦОД в СС оказывает влияние на показатели качества обслуживания абонентов. Однако, наличие ограничений на пропускные способности сети и ограниченных возможностей для маршрутизации потоков данных, снижает степень этого влияния и не приводит к резкому снижению величины избыточной (не пропущенной) нагрузки. Результаты вычислений подтверждают, что в зависимости от величины предложенной нагрузки абонентов, часть нагрузки не может быть пропущена из-за ограниченной пропускной способности звеньев сети. Эта нагрузка должна быть пропущена через альтернативные сети передачи данных, или, в противном случае, часть запросов абонентов не будет обслужена.

ПУБЛИКАЦИИ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Михайловский, Е.Б. О построении модели сетцентрической системы защиты информации / Е.Б. Михайловский // Технические средства защиты информации. – 2016. – С. 36-37
2. Михайловский, Е.Б. Построение математической модели сетцентрической системы распределения информации / Е. Б. Михайловский, И. Л. Селезнев // Информационные технологии и системы. – 2016. – С. 56-57

Библиотека БГУИР