

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА СЕТЕВОГО РЕСУРСА, НЕОБХОДИМОГО ПРИ ПРЕДОСТАВЛЕНИИ УСЛУГ ТЕЛЕФОНИИ И ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

Введение

В соответствии с мировыми тенденциями развития телекоммуникационных систем главным заданием отрасли связи Украины является создание мультисервисной сети связи, которая соответствует постоянно увеличивающимся требованиям пользователей к качеству обслуживания. При построении данной сети необходимо будет решить ряд задач, среди которых: выбор транспортной технологии, технологии доступа и протоколов управления, способных передавать информацию любого типа (речь, видео, данные и т. п.). Процесс перехода к мультисервисной сети NGN является многоэтапным длительным процессом. Одним из вариантов перехода является замена оборудования РАТС на оборудование мультисервисного узла доступа, который позволяет подключать абонентов как традиционной телефонной сети, так и с пакетной передачей. Среди задач, которые необходимо решить при построении мультисервисной сети, есть задача определения пропускных способностей каналов связи.

В статье рассмотрена задача выбора пропускных способностей каналов связи магистрального сегмента сети, обеспечивающего передачу информационных потоков между узлами доступа и узлами предоставления услуг.

Постановка задачи

Опишем постановку задачи и ее математическую модель. Проектируемая сеть имеет иерархическую структуру и содержит абонентские узлы, мультисервисные узлы доступа (МУД), узлы коммутации, узлы предоставления услуг, которые заданы множествами:

$A = \{a_i\}$ – множество абонентов, мощностью N_A ;

$G = \{g_i\}$ – множество мультисервисных узлов доступа, мощностью N_G ;

$S = \{s_i\}$ – множество узлов предоставления услуг, мощностью;

$Z = \{z_i\}$ – множество узлов коммутации, мощностью N_Z .

В рамках данной задачи телекоммуникационные услуги разобьем на два класса: услуги телефонии и услуги, базирующиеся на передаче данных. Доступ абонентов к сети NGN осуществляется посредством мультисервисного узла доступа, который имеет абонентские интерфейсы, позволяющие подключать абонентов по технологии коммутации каналов (услуги телефонии) и коммутации пакетов (VoIP, Интернет и передача данных). Группу абонентов подключенных к МУД g_i и использующих услугу телефонии, зададим следующим образом:

$N_{i\text{ PSTN}}$ – число абонентов, использующих подключение по аналоговой линии;

$N_{i\text{ ISDN}}$ – число абонентов, использующих подключение по базовому доступу ISDN;

$N_{i\text{ SHM}}$ – число абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP, использующие подключение по Ethernet-интерфейсу на уровне маршрутизатора шлюза доступа;

$N_{i\text{ V5}}$ – число сетей доступа интерфейса V5, подключаемых к шлюзу доступа;

$N_{ij\text{ V5}}$ – число пользовательских каналов в интерфейсе V5 j -й сети доступа;

$N_{i\text{ PBX}}$ – число УПАТС, подключаемых к шлюзу;

$N_{ik\text{ PBX}}$ – число пользовательских каналов в интерфейсе подключения УПАТС k , где k – номер УПАТС;

γ_{ij} – коэффициент тяготения, доля трафика МУД g_i передаваемого в направлении g_j .

Группу абонентов, использующих услуги, базирующиеся на технологии передачи данных, зададим следующим образом:

$H^D = \|h_{ij}^D\|$ – матрица трафика между абонентскими узлами и предоставления услуг
 размером $(N_A + N_S) \times (N_A + N_S)$, кбит/с,
 L_n – средняя длина сообщений.

Абоненты сети подключены к МУД с использованием радиальной топологии, которая задана матрицей смежности $B^{AN} = \|b_{ij}^{AN}\|$, $i = 1..N_A, j = 1..N_G$, $\sum_{j=1}^{N_G} b_{ij}^{AN} = 1$, где

$$b_{ij}^{AN} = \begin{cases} 1, & \text{если } a_i \text{ смежна } g_j; \\ 0, & \text{иначе.} \end{cases} \quad (1)$$

Топология магистральной сети, соединяющей МУД, узлы предоставления услуг и транзитные узлы заданы матрицей смежности $B = \|b_{ij}\|$ размерностью $(N_G + N_S + N_Z) \times (N_G + N_S + N_Z)$.

Введем обозначение c_{ij} – пропускная способность канала связи (i, j) . Стоимость организации канала связи заданной пропускной способности можно определить как

$$W(c_{ij}) = \alpha_{ij} \cdot c_{ij}, \quad (2)$$

где α_{ij} – удельная стоимость единицы пропускной способности канала связи (i, j) .

Необходимо определить пропускные способности каналов связи магистрального сегмента сети, чтобы обеспечить передачу информационных потоков между всеми парами оконечных узлов, при ограничении на величину среднесетевой задержки T_{cp} , так, чтобы расходы на организацию каналов связи были минимальны.

Построим математическую модель решения задачи. Введем следующее обозначение f_{ij} – величина информационного потока, передаваемого по каналу (i, j) магистрального сегмента сети. Необходимо найти такие c_{ij} , при которых

$$W = \sum_{i,j} \alpha_{ij} \cdot c_{ij} \cdot b_{ij} \rightarrow \min, \quad (3)$$

при условии

$$f_{ij} \leq c_{ij}, \quad \forall i, j, b_{ij} \neq 0, \quad (4)$$

$$T_{cp} \leq T_{доп}. \quad (5)$$

Решение задачи

Для определения пропускных способностей каналов связи необходимо предварительно определить величины информационных потоков передаваемых по каналам магистрального сегмента сети. Для этого определим нагрузку создаваемого потребителями услуги телефонии МУД g_i [1]. Пусть:

1. $Y_{i \text{ PSTN}}$ – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа g_i от абонентов PSTN; $y_{\text{PSTN}} = 0,1 \text{ Эрл}$ – удельная нагрузка от абонентов ТфОП в ЧНН. Тогда

$$Y_{i \text{ PSTN}} = N_{i \text{ PSTN}} \cdot y_{\text{PSTN}}. \quad (6)$$

2. $Y_{i \text{ ISDN}}$ – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов ISDN; $y_{\text{ISDN}} = 0,2 \text{ Эрл}$ – удельная нагрузка от абонентов ISDN в ЧНН. Тогда

$$Y_{i \text{ ISDN}} = N_{i \text{ ISDN}} \cdot y_{\text{ISDN}}. \quad (7)$$

3. $Y_{ij \text{ V5}}$ – нагрузка от сети доступа j интерфейса V5, подключаемой к шлюзу доступа; $y_{\text{V5}} = 0,8 \text{ Эрл}$ – удельная нагрузка одного пользовательского канала интерфейса V5. Тогда

$$Y_{ijV5} = N_{ijV5} \cdot \gamma_{V5}. \quad (8)$$

4. Y_{ikPBX} – нагрузка от УПАТС k , подключаемой к шлюзу g_i ; $\gamma_{kPBX} = 0,8 \text{Эрл}$ – удельная нагрузка одного пользовательского канала первичной сети ISDN. Тогда

$$Y_{ikPBX} = N_{ikPBX} \cdot \gamma_{PBX}. \quad (9)$$

5. Y_{iSHM} – общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа от абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP; $\gamma_{SHM} = 0,1 \text{Эрл}$ – удельная нагрузка от абонентов с терминалами SIP/H.323/MGCP в ЧНН. Тогда

$$Y_{iSHM} = N_{iSHM} \cdot \gamma_{SHM}. \quad (10)$$

Исходя из этого:

1. Общая нагрузка, поступающая от абонентов ТфОП и ISDN, SIP/H.323/MGCP на МУД

$$Y_{iAGW} = Y_{iPSTN} + Y_{iISDN} + Y_{iSHM} = 0,1 \cdot N_{iPSTN} + 0,2 \cdot N_{iISDN} + 0,1 \cdot N_{iSHM}. \quad (11)$$

2. Общая нагрузка, поступающая на шлюз доступа, обеспечивающий подключение оборудования сетей доступа интерфейса V5:

$$Y_{iV5} = \sum_{j=1}^J Y_{ijV5} = 0,8 \sum_{j=1}^J N_{ijV5}. \quad (12)$$

3. Общая нагрузка, поступающая на транкинговый шлюз, обеспечивающий подключение оборудования УПАТС:

$$Y_{iPBX} = \sum_{k=1}^K Y_{ikPBX} = 0,8 \sum_{k=1}^K N_{ikPBX}. \quad (13)$$

Если шлюз реализует функции резидентного шлюза доступа, шлюза доступа и транкингового шлюза подключения УПАТС, то общая нагрузка, поступающего на шлюз:

$$Y_{i\Sigma} = 0,8 \left(\sum_{j=1}^J N_{ijV5} + \sum_{k=1}^K N_{ikPBX} \right) + 0,1 \cdot N_{iPSTN} + 0,2 \cdot N_{iISDN} + 0,1 \cdot N_{iSHM}. \quad (14)$$

Пусть V_{COD_m} – скорость передачи кодека типа m при обслуживании вызова. Тогда пакетный трафик, создаваемый группой абонентов подключенного к МУД g_i , при условии использования кодека типа m :

$$V_{iGW} = V_{COD_m} \cdot Y_{i\Sigma}. \quad (15)$$

Определим матрицу трафика $H^T = \|h_{ij}^T\|$ между МУД g_i и g_j , возникающего при предоставлении услуги телефонии. Зная величину пакетного трафика, создаваемого группой абонентов V_{iGW} , и коэффициенты тяготения γ_{ij} , величину h_{ij}^T можно определить как

$$h_{ij}^T = V_{iGW} \cdot \gamma_{ij}. \quad (16)$$

Оконечными узлами магистрального сегмента сети являются МУД и узлы предоставления услуг. Определим матрицу трафика $H = \|h_{ij}\|$, передаваемого между окончными узлами магистрального сегмента. Для этого сначала определим трафик $h'_{i,j}$, передаваемый между МУД g_i и g_j , при передаче данных между абонентскими узлами:

$$h'_{i,j} = \sum_{k=1}^{N_A} \sum_{m=1}^{N_A} h_{k,m}^D \cdot b_{k,i}^{AN} \cdot b_{m,j}^{AN}, \quad i, j = 1..N_G. \quad (17)$$

С учетом графика, передаваемого при предоставлении услуги телефонии, результирующая величина

$$h_{i,j} = h' + h_{i,j}^T, \quad i, j = 1..N_G. \quad (18)$$

График между МУД g_i и узлами предоставления услуг s_j и между узлами предоставления услуг можно определить как:

$$h_{i,j+N_G} = \sum_{k=1}^{N_A} h_{k,j+N_A}^D \cdot b_{k,i}^{AN}, \quad i = 1..N_G, j = 1..N_S, \quad (19)$$

$$h_{j+N_G,i} = \sum_{k=1}^{N_A} h_{j+N_A,k}^D \cdot b_{k,i}^{AN}, \quad i = 1..N_G, j = 1..N_S, \quad (20)$$

$$h_{i+N_G,j+N_G} = h_{i+N_A,j+N_A}^D, \quad i, j = 1..N_S. \quad (21)$$

Определим график, передаваемый в каналах связи магистрального сегмента. Информационные потоки, заданные матрицей H , передаются вдоль маршрутов, описанных матрицей маршрутов $\Pi = \{\pi_{ij}\}$, где π_{ij} – индекс следующего узла при передаче из узла i в пути следования в узел j . Опишем эту процедуру.

Перед началом зададим $f_{ij} = 0$, $i, j = 1..N_G + N_S$ изначально информация в сети не передается.

Процедура состоит из конечного числа однотипных итераций, в ходе которых находятся элементы f_{ij} .

Опишем одну итерацию.

1. Для заданных i и j находим в матрице маршрутов Π элемент π_{ij} и принимаем $k = \pi_{ij}$, для элемента матрицы трафика f_{ik} выполняем $f_{ik} = f_{ik} + h_{ij}$.

2. Если $k = j$, то конец итерации. Иначе принимаем $s = k$.

3. Находим π_{sj} , принимаем $k = \pi_{sj}$ и выполняем $f_{sk} = f_{sk} + h_{ij}$.

4. Переходим на шаг 2.

В результате, выполнив эту процедуру для всех пар узлов сети, определим потоки в каналах для найденного множества минимальных путей.

Для решения задачи выбора пропускных способностей каналов применяем следующий алгоритм. Задача состоит в том, чтобы для каждой линии (i, j) выбрать пропускную способность c_{ij} , бит/с так, чтобы линейная стоимость

$$\sum_{(i,j)} \alpha_{ij} \cdot c_{ij} \quad (22)$$

была минимальной (где α_{ij} – известная положительная цена единицы пропускной способности) при условии, что средняя задержка пакета не должна превышать фиксированное значение $T_{\text{доп}}$. Поток по каждой линии f_{ij} выражается в тех же единицах, что и пропускная способность. Будем исходить из модели М/М/1, основанной на клейнроковской аппроксимации, в результате чего ограничение на среднюю задержку можно представить в виде

$$\frac{1}{\Lambda} \sum_{(i,j)} \frac{L_n \cdot f_{ij}}{c_{ij} - f_{ij}} \leq T_{\text{доп}}, \quad (23)$$

где Λ – суммарный поток, поступающий в сеть, бит/с;

Мы предполагаем, что интенсивности входных потоков для каждой пары отправитель–адресат известны и Λ является их суммой. Потоки по линиям f_{ij} зависят от известных входных потоков и от выбранной схемы маршрутизации.

Когда потоки f_{ij} известны, рассматриваемая задача сводится к минимизации линейной стоимости (22) по пропускным способностям c_{ij} , удовлетворяющим ограничению (23); интуитивно ясно, что в точке оптимума это ограничение превратится в равенство. Для решения данной задачи используем метод множителей Лагранжа, который даст следующее выражение для пропускных способностей каналов:

$$c_{ij} = f_{ij} \left(1 + \frac{L_n}{\Lambda \cdot T_{cp}} \frac{\sum_{(m,n)} \sqrt{\alpha_{mn} \cdot f_{mn}}}{\sqrt{\alpha_{ij} \cdot f_{ij}}} \right) \quad (24)$$

Заключение

В статье рассмотрено решение задачи определения пропускных способностей каналов связи, позволяющих обеспечить передачу заданных информационных потоков между всеми парами отправитель–адресат при минимальной суммарной величине затрат на организацию каналов связи и ограничении на среднесетевую задержку сообщения в сети. Задача решена для случая передачи информационных потоков без приоритетной обработки пакет в узлах сети.

Предложенная методика позволяет определить величины потоков, передаваемых между пограничными узлами магистральной сети, которыми в рамках данной задачи являются мультисервисные узлы доступа и узлы предоставления услуг.

Решена задача распределения потоков сети и определения статистических характеристик передаваемых по каналам связи информационных потоков для случая применения в сети статической маршрутизации.

Список литературы: 1. Семенов Ю.В Проектирование сетей связи следующего поколения. СПб.: Наука и техника, 2005. 2. Математичні основи теорії телекомунікаційних систем / В.В.Поповський, С.О.Сабурова, В.Ф.Олійник, Ю.І.Лосев, Д.В.Агеев та ін.: За заг. ред. В.В.Поповського. Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2006. 564 с.

Харьковский национальный
университет радиоэлектроники

Поступила в редколлегию 21.11.2009