

МЕТОД ОПТИМАЛЬНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ КАНАЛЬНЫХ РЕСУРСОВ МУЛЬТИСЕРВИСНОЙ СЕТИ

Тулемисова Г.Е.

Институт проблем информатики и управления МОН РК, Казахстан, E-mail: office@ipic.kz

Рассматривается мультисервисная сеть представленную как цифровая сеть с интеграцией служб (ЦСИС) на основе импульсно кодовой модуляции (ИКМ), с временным уплотнением, состоящая из V гибридных узлов коммутации, соединенных M симплексными интегральными групповыми трактами (ИГТ). По каждому ИГТ осуществляется передача интегральных кадров фиксированной длины, вырабатываемыми узлами, в которых в режиме временного уплотнения производится передача информации методом коммутации каналов (КК) и коммутации пакетов (КП). Для передачи информации методом КК на всех трактах сети, через которые проходят соединения, фиксируются позиции интегрального тракта, закрепляемые за данным соединением. Запрос на организацию соединения передается в форме служебного пакета или установленного диалога с асинхронным абонентским пунктом. В режиме КП используются все позиции интегрального тракта, не занятые в данный момент передачей информации в режиме КК. Каждый цикл ИКМ разбивается на N временных каналов по c_1 бит каждый. Если k есть число временных циклов в секунду, то пропускная способность одного канала составит $c = kc_1$ бит/с.

Для каждого ИГТ $_j$, $j = 1, 2, \dots, M$, структуры которых определяются позициями интегрального кадра, заданы значения числа временных каналов $N_j = m_j + n_j$ и пропускной способности одного канала c . Причем m_j, n_j есть число временных каналов, выделенных в ИГТ $_j$ для передачи информации соответственно в режимах КК и КП. Отношение $\varepsilon_j = m_j / N_j$ является границей разбиения пропускной способности ИГТ $_j$, а совокупность $\varepsilon = \{\varepsilon_1, \varepsilon_2, \dots, \varepsilon_M\}$ рассматривается как обобщенная граница между сетями КК и КП [1]. При фиксированной границе две сети функционируют независимо одна от другой и свободные каналы одной сети не могут быть использованы для передачи информации другой сетью. При подвижной границе пропускная способность ЦСИС используются более эффективно, так как в этом случае имеется возможность перераспределения канальных ресурсов в зависимости от степени загрузки обеих сетей.

Входные потоки для сети КК задаются матрицей $L = \|\lambda_{ij}\|$ и для режима КП – матрицей $\Gamma = \|\gamma_{ij}\|$, размерность которых $V \times V$, $i, j = \overline{1, M}$. Распределение потоков на сети определяется процедурами вероятностного и детерминированного выбора маршрутизации, используемых для передачи информации в режимах КК и КП соответственно. При заданной маршрутизации на каждом ИГТ $_j$ фиксируются суммарные интенсивности входных потоков λ_j и γ_j для режимов КК и КП соответственно. Суммарные входные потоки λ_j и γ_j предполагаем пуассоновскими, длины сообщений которых подчиняются экспоненциальному закону распределения со средними значениями соответственно $1/\mu_j$ и $1/\nu_j$.

Качество обслуживания на сети КК и КП обычно оценивается вероятностью отказа в установлении соединения и задержкой пакетов соответственно. Требования пользователей к качеству обслуживания определяется матрицами $P = \|p_{ij}\|$ и $T = \|t_{ij}\|$, где $0 < p_{ij} < 1$ и t_{ij} соответственно текущие значения вероятности отказа и

задержки пакетов между узлами i, j . Для оценки эффективного функционирования ЦСИС необходимо определить качество обслуживания на всей сети в целом.

Задача динамического управления распределением каналов между сетями КК и КП в ЦСИС формулируется в следующем виде. Пусть на каждой линии связи j известна некоторая функция задержки пакета $t_j(\gamma_j, n_j)$, зависящая от интенсивности пакетов, поступающих на эту линию, а также от количества каналов обслуживающих эту нагрузку. Величина $\gamma_j \cdot t_j(\gamma_j, n_j)$ представляет собой среднюю общую задержку γ_j пакетов при их прохождении через ИГТ $_j$. Тогда средняя задержка пакета в сети T , умноженная на среднее число поступающих пакетов в единицу времени имеет вид:

$$T\gamma = \sum_{j=1}^M \gamma_j t_j(\gamma_j, n_j), \quad (1)$$

где $\gamma = \sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^M \gamma_{ij}$.

Допустим, что известна функция $p_j(\lambda_j, m_j)$, представляющая собой вероятность того, что в режиме КК при поступлении интенсивности потока требований на ИГТ $_j$ все m_j каналов будут заняты обслуживанием предыдущих требований. Данная функция зависит от интенсивности поступающей нагрузки, количества временных каналов обслуживаемых эту нагрузку и может быть различной для каждой линии j . Суммарные потери в ЦСИС имеют вид:

$$\pi = \sum_{j=1}^M \lambda_j p_j(\lambda_j, m_j), \quad (2)$$

где потери измеряются количеством требований в режиме КК, получающих отказ на установление соединения в единицу времени. Задача оптимального распределения каналов в ЦСИС состоит в минимизации (1) при ограничениях

$$\sum_{j=1}^M \lambda_j p_j(\lambda_j, m_j) \leq \pi_0, \quad (3)$$

$$N_j = m_j + n_j, \quad m_j, n_j \geq 0, \quad j = 1, 2, \dots, M, \quad (4)$$

$$t_j > 0, \quad 0 < p_j < 1, \quad j = 1, 2, \dots, M, \quad (5)$$

где π_0 - допустимые потери сообщений сети КК,

Из-за специфики организации канала в интегральной сети ограничение на целочисленность переменных m_j, n_j не налагается. Предположим, что временно свободные каналы режима КК могут использоваться для передачи пакетов, а возможность заполнения речевых пауз пакетами для простоты не учитывается, хотя это не меняет общего алгоритма. Обозначим через $\eta_j(\lambda_j, m_j)$ - среднее количество свободных каналов режима КК в линии связи j , зависящее от нагрузки λ_j и числа обслуживаемых каналов m_j . Тогда целевая функция принимает следующий вид:

$$T\gamma = \sum_{j=1}^M \gamma_j \cdot t_j(\gamma_j; N_j - m_j + \eta_j(\lambda_j, m_j)), \quad (6)$$

В качестве конкретной целевой функции рассмотрим среднюю задержку в одноприборной системе массового обслуживания [2]:

$$t_j = \frac{1}{\mu_j b_j - \gamma_j}, \quad (7)$$

где b_j - суммарная пропускная способность, выделяемая в ИГТ_j для режима КП. Поскольку для передачи пакетов используются также временно свободные каналы режима КК, то

$$b_j = c_j (n_j + \eta_j) = c_j (N_j - m_j + \gamma_j), \quad (8)$$

Функцию качества обслуживания сети КК определяем как функцию явных потерь нагрузки в ИГТ_j:

$$\pi_j = \alpha_j p_j(\alpha_j, m_j) \quad (9)$$

где $\alpha_j = \lambda_j / \gamma_j c_j$ - среднее число сообщений, поступающих в ИГТ_j за среднее время обслуживания одного сообщения, $p_j(\alpha_j, m_j)$ - вероятность занятости m_j каналов в ИГТ_j, которая определяется формулой Эрланга:

$$p_j(\alpha_j, m_j) = \frac{\alpha_j^v}{m_j! \sum_{k=0}^v \frac{\alpha_j^k}{k!}}, \quad (10)$$

Среднее число занятых каналов равно $\alpha_j(1 - p_j)$. Тогда среднее число временных каналов, незанятых обслуживанием нагрузки режима КК, используемых при передаче данных в режиме КП, составляет:

$$\eta_j = m_j - \alpha_j(1 - p_j). \quad (11)$$

С учетом формул (7) – (11), задача распределения канальных ресурсов имеет вид:

$$T\gamma = \sum_{j=1}^M \frac{\beta_j}{N_j - \alpha_j - \beta_j + \alpha_j \beta_j} \rightarrow \min \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^M \alpha_j \beta_j \leq \pi_0, \quad m_j \geq 0, \quad j=1,2,\dots,M, \quad (13)$$

$$t_j > 0, \quad 0 < p_j < 1, \quad j=1,2,\dots,M, \quad (14)$$

где $\beta_j = \gamma_j / c_j \mu_j$ - интенсивность нагрузки на один канал ИГТ_j в режиме КП. Данная задача решается относительно переменной m_j , которая содержится в функции p_j . Для удобства введем следующие обозначения:

$$x_j = \alpha_j p_j, \quad (15)$$

$$B_j = \alpha_j + \beta_j - N_j \quad (16)$$

Условие (14) запишется в виде:

$$B_j \leq x_j \leq \alpha_j, \quad j=1,2,\dots,M. \quad (17)$$

Тогда задача (12) - (14) будет иметь следующий вид:

$$T\gamma = \sum_{j=1}^M \frac{\beta_j}{x_j - B_j} \rightarrow \min \quad (18)$$

$$\sum_{j=1}^M x_j \leq \pi_0, \quad (19)$$

$$B_j < x_j < \alpha_j \quad (20)$$

Задача (18)–(20) является задачей выпуклого программирования относительно переменной x_j , так как целевая функция выпукла на выпуклом допустимом множестве решений.

Для получения аналитического решения задачи (18) – (20) используем метод неопределенных множителей Лагранжа. Для данной задачи функция Лагранжа имеет вид:

$$L = \sum_{j=1}^M \frac{\beta_j}{x_j - B_j} + \varphi(\sum_{j=1}^M x_j - \pi_0) + \sum_{j=1}^M \psi_j(x_j - \alpha_j) + \sum_{j=1}^M \theta_j(B_j - x_j),$$

где $\varphi, \psi_j, \theta_j$ - неопределенные коэффициенты. Условия, которым должен удовлетворять оптимальный выбор x_j , с учетом ограничений (19), (20) имеет вид:

$$-\frac{\beta_j}{(x_j - B_j)^2} + \varphi + \psi_j - \theta_j = 0, \quad (21)$$

$$\varphi \left(\sum_{j=1}^M x_j - \pi_0 \right) = 0, \quad (22)$$

$$\psi_j(x_j - \alpha_j) = 0, \quad \psi_j \geq 0 \quad (23)$$

$$\theta_j(B_j - x_j) = 0, \quad \theta_j \geq 0 \quad (24)$$

Так как неравенство (20) является строгим, то в равенствах (23) и (24) неопределенные коэффициенты обращаются в ноль, то есть: $\psi_j = 0, \theta_j = 0, j = 1, 2, \dots, M$. Тогда из соотношения (21) следует, что $\varphi \neq 0$. Таким образом, как следует из (22) стационарная точка задачи (18) –(20) лежит на границе ограничения (19), то есть, на прямой

$$\sum_{j=1}^M x_j - \pi_0 = 0 \quad (25)$$

Нетрудно получить решение задачи (18)–(19), которое запишется в следующем виде:

$$x_j = B_j + \sqrt{\frac{\beta_j}{\varphi}}, \quad (26)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\varphi}} = \frac{\pi_0 - \sum_{j=1}^M B_j}{\sum_{j=1}^M \beta_j}, \quad (27)$$

Так как $\varphi > 0$, тогда из последней формулы получим, что $\sum_{j=1}^M B_j < \pi_0$. Последнее выражение также вытекает и из условия (20).

Из формул (26) – (27) находим вероятность отказа и, используя табулированные значения формулы Эрланга, находим значения m_j для заданной нагрузки α_j .

Список литературы

1. Боккер П. ISDN. Цифровая сеть с интеграцией служб. Понятия, методы, системы. М., Радио и связь. 1991, - 304 с.
2. Фратта Л., Лазарев В.Г., Паршенков Н.Я. Адаптивное управление канальными ресурсами в интегральной цифровой сети связи,- Сети пакетной коммутации ЭВМ, Труды IV советско-итальянского семинара, М., Наука, 1984, с. 59-63.

3. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями, М., Мир, 1979, 600с.