

TWO-LEVEL HIERARCHICALLY COORDINATIONAL MODEL OF USERS TRAFFIC DISTRIBUTION OVER TELECOMMUNICATION NETWORK NODES

Semenyaka M.V., Simonenko A.V.

Kharkov National University of Radioelectronics

14, Lenin Ave, Kharkov, 61166, Ukraine

Ph. : (+38 093) 9667617, e-mail: maxisemen@gmail.com

Abstract — The paper presents investigation of the hierarchical queuing concept to improve quality of service for users. Proposed for use is the hierarchically coordinating principle of solving the task of managing a multi-level system. The proposed hierarchical queuing model is presented in decomposing form by differential equations.

ДВУХУРОВНЕВАЯ ИЕРАРХИЧЕСКИ-КООРДИНАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТРАФИКА ПОЛЬЗОВАТЕЛЕЙ НА УЗЛАХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Семеняка М. В., Симоненко А. В.

Харьковский национальный университет радиоэлектроники

пр. Ленина, 14, Харьков, 61166, Украина

тел.: (+38 093) 9667617; e-mail: maxisemen@gmail.com

Аннотация — В работе исследована концепция иерархических очередей для улучшения качества обслуживания пользователей. Предложен к использованию иерархически-координационный принцип решения поставленной задачи по управлению многоуровневой системой. Модель представлена в декомпозиционной форме дифференциальными уравнениями.

I. Введение

Среди множества методов повышения качества обслуживания (QoS) в настоящее время важное место занимают задачи управления очередями, которые позволяют в силу заложенных в них математических моделей и методов улучшить показатели средней задержка доставки пакетов, джиттера, вероятности потери пакетов без существенных затрат на модернизацию существующей инфраструктуры сети [1].

Существующие технологические решения в области управления перегрузками не способны обеспечить все возрастающую дифференциацию потоков и требований пользователей нового информационного общества. В этой связи актуальным видится исследование новых подходов управления очередями на узлах телекоммуникационной сети.

Современная телекоммуникационная сеть имеет большую распределенную структуру, происходит переход к распределенным, облачным технологиям, которые требуют соблюдения в своей работе принципов согласования, координации элементов. Математическим аппаратом способным решить поставленную задачу согласования и координации распределенной сети для повышения качества обслуживания трафика пользователей являются решения многоуровневых, иерархических систем [2, 3].

Иерархические структуры (очереди) лучше всего подходят для масштабирования сети, в случае увеличения количества потоков, которые необходимо обслужить. Этот математический аппарат позволяет более эффективно использовать многоядерные (многопроцессорные) системы, когда общий ресурс распределяется параллельно и каждый процессор занимается решением задачи обслуживания для своей группы очередей.

II. Основная часть

В сетевом узле в ходе решения задач управления очередями необходимо рассчитать распределение

множества потоков между очередями, а также порядок обслуживания потоков трафика заданной интенсивности. Условимся, что с точки зрения повышения масштабируемости решений задачи управления очередями определим двухуровневую функциональную иерархию расчетов:

— на нижнем уровне — искомое распределение потоков подлежит расчету независимо для каждой макроочереди для трафиков, которые поступают от сетей доступа или отдельный абонентов;

— на верхнем уровне — полученные на нижнем уровне решения задач распределения потоков и выделения пропускной способности для каждой очереди координируются с целью предотвращения вероятной перегрузки трактов передачи сети ввиду децентрализации принимаемых решений на каждой конкретной макроочереди.

Тогда для каждой r -й макроочереди в качестве искомых выступают переменные x_{ij}^r , которые характеризуют интенсивность i -го трафика, направленного в j -ю очередь, а также переменные b_j^r , под которыми понимается пропускная способность выделенная для j -й очереди r -й макроочереди. С целью недопущения потерь пакетов в узле сети в ходе расчета переменных необходимо обеспечить выполнение условий сохранения потока:

$$\sum_{j=1}^N x_{ij}^r = a_i \quad (i = \overline{1, M}), \quad (1)$$

где $a_i \quad (i = \overline{1, M})$ — интенсивность трафика i -го класса, поступающего на обслуживание маршрутизатора.

Кроме того с целью предотвращения возможной перегрузки тракта передачи сети в ходе расчета распределения трафиков важно выполнить условие:

$$\sum_{r \in L} \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} x_{ij}^r \leq b, \quad (2)$$

где b — пропускная способность исходящего КС.

Стоит учесть, что при децентрализованном расчете искомым переменных на каждой отдельно взятой макроочереди условие (2) в явном виде учесть не представляется возможным. Причина тому состоит в том, что распределение потоков для каждой макроочереди рассчитывается только на основе имеющейся у нее информации о поступивших в нее трафиках и пропускной способности канала связи, без данных о результатах распределения трафика и выделения пропускной способности на других макроочередях. В этой связи условие (2) целесообразно записать в следующем виде:

$$\sum_{i \in M} \sum_{j \in N} x_{ij}^r \leq b - \sum_{\substack{s \in L \\ s \neq r}} \sum_{i \in M} \sum_{j \in N} x_{ij}^s \quad (3)$$

Смысл выражения (3) заключается в том, что трафик, поступивший на обслуживание в r -ю макроочередь, не должен по своей интенсивности превышать доступную пропускную способность канала связи, которая осталась после обслуживания трафиков, обслуженных в других макроочередях.

Согласно физическому содержанию искомая переменная x_{ij}^r может принимать только два значения — или ноль, или λ_{ij}^r , т.е.

$$x_{ij}^r \geq 0 \quad (i = \overline{1, M}, j = \overline{1, N}), x_{ij}^r \in \{0, \lambda_{ij}^r\}, \quad (4)$$

где λ_{ij}^r — интенсивность трафика i -го класса, поступившего на обслуживание в j -ю очередь r -й макроочереди.

В дальнейшем условие (3) удобно будет использовать представленным в векторно-матричной форме:

$$B_r \vec{x}_r \leq b - \sum_{\substack{s \in K \\ s \neq r}} B_s \vec{x}_s, \quad (5)$$

где B_r, B_s ($r, s \in K; r \neq s$) — согласующие матрицы.

Для улучшения показателей качества обслуживания критерием оптимальности выступала аддитивная функция минимизации средней длины очереди в узле:

$$\min_x F \text{ при } F = \sum_{r \in K} \sum_{j \in N} \left[\frac{\rho_j^r}{1 - \rho_j^r} - \rho_j^r \right], \quad (6)$$

где $\rho_j^r = \frac{\sum_{i=1}^M x_{ij}^r}{b_{ij}^r}$ — коэффициент использования про-

пускной способности очереди.

Решение оптимизационной задачи, связанной с минимизацией функции (6) при наличии ограничений (1)–(5), будет положено в основу предлагаемого метода иерархически-координационного распределения очередей. Тогда, переходя к задаче на безусловный экстремум, необходимо максимизировать лагранжиан по множителям Лагранжа (μ):

$$\min_x F = \max_{\mu} L, \quad (7)$$

$$L = \sum_{r \in K} L_r,$$

где

$$L_r = \left[\frac{\rho_j^r}{1 - \rho_j^r} - \rho_j^r \right] + \vec{\mu}_r^t B_r \vec{x}_r + \sum_{\substack{s \in K \\ s \neq r}} \vec{\mu}_r^t B_s \vec{x}_s - \vec{\mu}_r^t b \quad (8)$$

Таким образом, функция (7) приобретает сепарабельную форму, а общая проблема распределения нагрузки между очередями, выделения пропускной способности оказалась декомпозицированной на ряд подзадач (по числу макроочереди), где каждая задача распределения на r -й макроочереди, состоящая в расчете векторов x_{ij}^r и b_j^r , свелась к оптимизации лагранжиана L_r (8). При этом лагранжиан (8) является функцией переменных только одного индекса, определяющего номер макроочереди.

Решение задачи по минимизации выражения (8) определяет нижний уровень расчетов, результатом которого является формирование распределения трафиков и выделения пропускной способности на каждой конкретной макроочереди согласно содержанию искомым векторов x_{ij}^r и b_j^r .

Результаты решения задач на каждой отдельной макроочереди собираются координатором (верхний уровень иерархии), где осуществляется их анализ и координация путем расчета (корректировки) векторов множителей Лагранжа μ_r ($r \in K$). Полученные новые решения снова "спускаются" на первый уровень управления для итерационной оптимизации процесса распределения трафика и выделения пропускной способности.

III. Заключение

Применение данной структуры позволило обеспечить более высокий уровень адекватности (системности) процесса управления, позволило получить более высокое качество решения задач управления перегрузками на узлах сети, адаптировав их под современную многопроцессорную архитектуру сетевых узлов. На технологическом уровне это позволило обеспечить более эффективное использование буферного ресурса, улучшить межконцевые значения средней задержки, джиттера, количества отброшенных пакетов.

IV. References

- [1] Srinivas Vegesna *IP Quality of Servic*. Cisco press, 2001. 386 p.
- [2] Mesarovic M.D., Macko D., Takahara Y. *Theory of Hierarchical, Multilevel, Systems*. Berkeley, Black Oak Books Holdings Corp, 1970. 294 p.
- [3] Singh M.G., Titli A. *Systems: decomposition, optimisation, and control*. New York, Pergamon Press, 1978. 645 p.