

Ларина, Н.И. Чичикало // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013.– Вып. 2/9 (62). – С. 10 – 17.

Аннотации:

В статье предложена мультиагентная информационная модель процесса реабилитации человека после травмы. Показано, что разработанная информационная модель позволяет учитывать быструю изменчивость переменных состояний опорно-двигательной системы человека, качественно проводить анализ результатов проведения лечебно-методических мероприятий, применять наиболее эффективные методики клинических обследований опорно-двигательной

системы человека в период реабилитации после травмы.

Ключевые слова: информационная мультиагентная модель; сбор, обработка информации.

The article offers a multi-agent informational model of process of human rehabilitation after injury. It is shown that the developed informational model allows to consider a fast variability of human musculoskeletal system's alternating states, to carry out qualitative analysis of the results of treatment-methodical measures, to apply the most effective methods of clinical examinations of the human musculoskeletal system during the rehabilitation after trauma.

Key words: informational multi-agent model; information collection and processing.

УДК 621.39

ЛОЗИНСКАЯ В.Н., доцент (ГОУ ВПО «ДонНТУ»)

Алгоритм планирования доступа к среде с обеспечением параметров качества обслуживания беспроводных сетей WiMAX

Lozinskaya V.N., assistant professor (DNTU)

Quality of service providing media access scheduling algorithm for wireless access systems WiMAX

Введение

Интенсивное развитие сетей беспроводного доступа, WiMax [1] в частности, привело к возникновению ряда проблем, связанных с увеличением производительности, улучшением обеспечения надежности, увеличением эффективности использования ресурсов сети в целом с обеспечением требуемого качества обслуживания (Quality of Service, QoS) для различных видов трафика [2]. WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) – телекоммуникационная технология,

разработанная с целью предоставления универсальной беспроводной связи на больших расстояниях для широкого спектра устройств (от рабочих станций и портативных компьютеров до мобильных телефонов). В связи с тем, что сети WiMAX изначально рассматривались как сети операторского класса, вопрос обеспечения QoS в них первичен. Обеспечение качества обслуживания в сетях WiMAX (стандарт 802.16) [3] определяет несколько принципов: планирование параметров QoS сервисного потока [4, 5]; динамические регулировки выделяемой полосы сервисному потоку; двухфазная модель активации. Сервисным потоком называется

поток данных, связанный с определенным приложением.

На данный момент в рамках сетевого узла, в зависимости от модели качества обслуживания предоставляемых услуг (Integrated Service, Differentiated Service), реализованы такие механизмы управления, как: функции «управления допустимостью соединения», классификация пакетов, планировщик, протокол резервирования ресурсов. Механизмы планирования MAC-уровня определяют порядок передачи пакетов. Обычно каждое соединение ассоциировано с одним механизмом планирования, который определяется набором параметров QoS. У поставщиков телекоммуникационных услуг появилась возможность перенастраивать политики планирования и управления доступом к среде. Вышеперечисленное сделало актуальной задачу разработки новых, либо усовершенствования существующих, алгоритмов планирования и управления доступом к среде.

Цель исследования

Цель данной работы – повышение эффективности использования ресурсов сети с обеспечением требуемых параметров качества обслуживания в сетях WiMax за счет разработки новых, либо усовершенствования существующих, алгоритмов планирования и управления доступом к среде

Основная часть

Как упомянуто выше, стандартом определено несколько принципов обеспечения параметров QoS. К особенностям первого принципа принадлежит следующее: деление служебных потоков данных на классы. Для управления QoS в сети WiMAX используется так называемый служебный поток данных (Service Flow). Служебный поток данных в сети WiMAX является транспортной службой MAC уровня предоставляемой для передачи трафика в

потоке «вверх» (Uplink, UL) и в потоке «вниз» (Downlink, DL). Каждому служебному потоку данных соответствует свой уникальный набор параметров качества функционирования сети (Network Performances, NP) и QoS, таких как задержка пакетов, стабильность задержки пакетов и относительное число ошибочно принятых пакетов, которые определяют сетевые возможности и затраты ресурсов. Служебный поток данных состоит из элементов - идентификаторов. Различные виды служебных потоков данных, создаваемые в сети WiMAX, обычно группируются в классы, а каждый из них устанавливает собственные уникальные требования к качеству услуг. Такая концепция позволяет функциональным элементам сети высокого уровня, как в абонентских, так и в базовых станциях запрашивать совместимые требования к параметрам. Следующим принципом является выделение необходимых ресурсов канала для обеспечения требуемого качества обслуживания работы того или иного приложения в сетях фиксированного WiMAX. Здесь, при появлении при появлении трафика обслуживаемого приложения, например, голосовых пакетов данных, устанавливается его источник и получатель. Далее выдаются команды соответствующим базовым станциям WiMAX на динамическое назначение соответствующему сервисному потоку необходимых параметров QoS для поддержки требуемого качества канала связи между обслуживаемыми абонентами на время работы приложения, например, телефонного разговора. К особенностям последнего принципа можно отнести выполнение функций, включающих сохранение сетевых ресурсов до полной установки соединения, исполнение политики проверки и управления доступом к ресурсам, а также функции по предотвращению несанкционированного доступа к услуге. Таким образом, наиболее универсальная задача, которую можно решить, – распределение полосы радиоканала между работающими

сетевыми приложениями в соответствии с заказанными для каждого приложения параметрами качества связи. Распределение канала сводится к разделению кадров канального уровня, т.е. к формированию трафика.

Входными данными планировщика являются:

- 1) список сервисных потоков и их QoS параметры,
- 2) физические характеристики радиоканала,
- 3) размеры (заполненность) очередей пакетов.

Выходными данными являются карты исходящего и нисходящего потоков (Uplink-map, UL-MAP и Downlink-map, DL-MAP), которые описывают, данными каких сервисных потоков и в каком количестве заполнять восходящий и нисходящий подкадры соответственно. Планировщик физически располагается на базовой станции, поэтому имеет полную информацию об очередях данных, ожидающих отправки от базовой к абонентским станциям, но не имеет информации об очередях данных, расположенных на абонентских станциях. Однако планировщик базовой станции должен распланировать как нисходящий подкадр, так и восходящий. Для этого в стандарте предусмотрен механизм запроса абонентскими станциями выделения полосы в восходящем подкадре – Bandwidth Request. Планировщик QoS запускается перед отправкой очередного кадра.

На данный момент алгоритмов реализации планировщиков большое количество. Рассмотрим один из них [6], временные диаграммы работы которого представлены на рисунке.

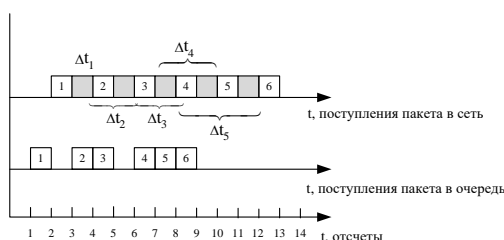


Рис. 1. – Временные диаграммы работы планировщика

Идея планировщика обслуживания очередей в сетевом устройстве связана с понятием функции «виртуальное время». Физический смысл данной функции состоит в нахождении определенного момента времени, к которому привязываются все процессы поступления и обслуживания пакетов в планировщике. Рассмотрим основные принципы работы этой функции. Пусть время поступления первого пакета $t_1 = 0$. Значение функции «виртуальное время» $V(t)$, если отсутствует нагрузка, равно 0, а в некоторый период $\tau \leq t_j - t_{j-1}$, может быть вычислено в соответствии со следующим выражением:

$$V(t_{j-1} + \tau) = V(t_{j-1}) + \sum_{i \in B_j} \frac{\tau}{r_i}, \quad (1)$$

$$j = 2, 3, \dots$$

где B_j - потоки, у которых хотя бы один из пакетов стоит в очереди на обслуживание («бэклог» - потоки). Функция «виртуальное время» может быть также интерпретирована как скорость, с которой обслуживаются «бэклог» - потоки. Пусть k -й пакет, i -го потока поступает в одну из очередей классификатора в момент времени $a_{i,k}$ и имеет длину $L_{i,k}$. Тогда значение «виртуальное время» окончания обслуживания $F_{i,k}$ может быть определено из соотношения:

$$S_{i,k} = \max \{F_{i,k-1}, V(a_{i,k})\}, \quad (2)$$

$$F_{i,k} = S_{i,k} + \frac{L_{i,k}}{r_i}, \quad (3)$$

где $S_{i,k}$ - значение параметра «время поступления» k -го пакета i -го потока в очередь;

$F_{i,k}$ – значение параметра «время окончания обслуживания» k -го пакета i -го потока;

$V(a_{i,k})$ – значение функции «виртуальное время» в момент времени $a_{i,k}$ для k -го пакета i -го потока;

$L_{i,k}$ – длина k -го пакета, i -го потока;

r_i – величина пропускной способности, выделяемая для обслуживания i -го потока. Перепишем выражения (2) и (3) для N «бэклог» - потоков, причем $N < m$, где m - количество очередей в сетевом устройстве:

$$\mathbf{F}(k+1) = \max \{ \mathbf{F}(k), \mathbf{V}(a(k+1)) \} + \frac{\mathbf{L}(k+1)}{r}, \quad (4)$$

где \mathbf{F} – вектор-столбец значений «виртуального времени» окончания обслуживания, размерности $N \times 1$, где N - количество «бэклог» - потоков. Матрица \mathbf{V} , с размерностью $N \times N$, характеризует значения функции «виртуальное время» поступления пакетов в очереди классификатора. Постоянная величина r характеризует величину пропускной способности, которая выделяется под N «бэклог» - потоков. Вектор-столбец $\mathbf{L}(k+1)$ характеризует длины пакетов, поступающих в очереди классификатора. Таким образом, выражение (4) отображает динамику работы планировщика с взвешенным обслуживанием очередей. В рамках поставленной задачи исследования представленная модель планировщика позволяет определить время начала и окончания передачи определенного сервисного потока, независимо от его направления. К недостаткам модели можно отнести сложность в вычислениях, из-за нелинейности уравнения (4) и ухудшение показателей качества обслуживания, так как потоки будут задерживаться, ожидая обслуживания. Следовательно, представленная математическая модель требует модификации для

устранения либо ослабления перечисленных недостатков.

Алгоритм планировщика с взвешенным обслуживанием очередей состоит в оценке времени окончания обслуживания пакета для активных очередей (на обслуживании в очереди находится хотя бы один пакет) и, на основании этого, принимается решения об очередности обслуживания того или иного пакета определенной очереди. Либо, в контексте сетей WiMax, решение об очередности, либо начала (конца) передачи определенного сервисного потока, независимо от его направления. Для формализации задачи об эффективном использовании полосы пропускания общего канала (сервисными потоками) с заданным качеством обслуживания введем следующие ограничения:

$$ts \leq ts_{\max}, \quad (5)$$

$$r^{6bx} \leq r^{mpeb}, \quad (6)$$

$$\sum_{i=1}^N r_i^{6bx} \leq C, \quad i = 1, 2, \dots, N, \quad (7)$$

где ts_{\max} - вектор максимально допустимых размеров тайм-слотов (времен начала и окончания передачи) при обслуживании потоков;

N - число «бэклог» потоков и размерность векторов;

\mathbf{r}^{mpeb} - вектор минимальных, согласно требованиям скоростей исходящих/нисходящих сервисных потоков;

\mathbf{r}^{6bx} - вектор значений скоростей исходящих/нисходящих сервисных потоков;

C - общая предоставляемая скорость потока.

Оптимизационная задача эффективного использования общего канального ресурса планировщиком может быть сформулирована следующим образом:

$$\frac{\sum_{i=1}^N r_i^{6\text{ блк}}}{C} \rightarrow 1, \quad i = 1, 2, \dots, N. \quad (8)$$

Решение поставленной оптимизационной задачи сводится к нахождению необходимого времени для начала и окончания передачи потоков (тайм-слотов) для различных каналов, что может быть интерпретировано как минимальный размер соответствующего тайм-слота. Вектор $r^{6\text{ блк}}$, в этом случае, может быть задан, как вектор прогнозируемых (расчетных) значений скоростей исходящих/нисходящих сервисных потоков.

Перепишем уравнение (4) в терминах идемпотентных алгебр [7, 8]:

$$\mathbf{F}(k+1) = \mathbf{F}(k) \oplus \mathbf{V}(a(k+1)) \otimes \frac{\mathbf{L}(k+1)}{r}, \quad (9)$$

где $V(a(k+1))$ - функция, характеризующая времена поступлений пакетов в одну из очередей планировщика.

Учитывая, что интенсивность обслуженного трафика равна отношению количества обслуженной информации к интервалу времени между поступлениями этой информации, вектор $r^{6\text{ блк}}$ можно оценить следующим образом:

$$r^{6\text{ блк}} = \frac{\mathbf{L}(k+1)}{\mathbf{F}(k+1) - \mathbf{F}(k)}, \quad (10)$$

где $\mathbf{F}(k)$ - вектор, характеризующий временные моменты окончания обслуживания k -го пакета.

Однако такой расчет не предполагает соблюдения классической схемы взвешенного распределения ресурсов из-за отсутствия синхронизации работы очередей. Кроме упомянутого выше недостатка, Предложенная аналитическая модель планировщика обладает ограниченностью с точки зрения размера буферного пространства: допущение о

бесконечном размере буфера, хотя он конечен. Для устранения данного недостатка формализуем задачу планировщика пакетов в терминах теории дискретно-событийных систем.

Для устранения данного недостатка была предложена следующая модель в виде сети Петри [9]:

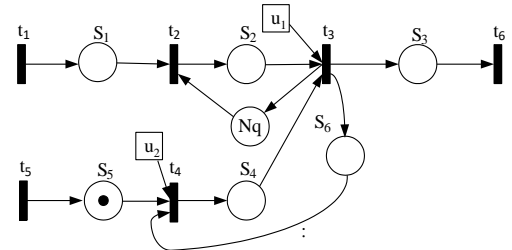


Рис. 2. – Временно-событийный граф с управляемым переходом

Для графа, представленного на рисунке 2, введем следующие переменные: t_1 – поступление заявки на передачу сервисного потока; t_2 – поток становится в очередь планировщика емкостью N_q у.е.в. (условных единиц времени); t_3 – сервисный поток обслуживаются устройством с заданным законом обслуживания α ; t_4 – управление очередью; t_5 – поступление управляющего воздействия; t_6 – передача сервисного потока. Чтобы получить уравнения динамики для сети, изображенной на рис. 2, введем следующие обозначения. Автономные переходы, запуски которых не зависят от маркировки в сети Петри, обозначены t_1 и t_5 . Временные моменты запуска переходов t_1 и t_5 образуют входящую последовательность $\{u_1(k)\}_{k=1}$ и $\{u_2(k)\}_{k=1}$. Запуск перехода t_6 рассматривается как выход, и соответствующий временной момент k -го запуска данного перехода обозначен через $y(k)$. Пусть $x_1(k), x_2(k), x_3(k)$ соответствуют моментам k -го запуска переходов t_2, t_3 и t_4 . Для всех выражений, рассматриваемых далее, операция « \cdot » соответствует операции «обобщенное

умножение» для идемпотентного полуполя, а операция « \oplus » - «обобщенного сложения» соответственно. Тогда

$$\begin{aligned}x_1(k+1) &= x_2(k - N_q + 1) \oplus u_1(k+1), \\x_2(k+1) &= x_1(k+1) \oplus x_2(k) \oplus x_3(k+1), \\x_3(k+1) &= \alpha \cdot x_3(k) \oplus u_2(k+1) \\y(k) &= x_2(k).\end{aligned}\quad (10)$$

Уравнения (10) после ряда преобразований можно переписать в явном виде в форме, соответствующей уравнениям в пространстве состояний [11]:

$$\begin{aligned}\tilde{\mathbf{x}}(k+1) &= \mathbf{A} \cdot \tilde{\mathbf{x}}(k) \oplus \mathbf{B} \cdot \mathbf{u}(k), \\y(k) &= \mathbf{C} \cdot \tilde{\mathbf{x}}(k).\end{aligned}\quad (11)$$

На рис. 3 приведена диаграмма Ганта процесса предоставления выделенного канального ресурса с временным тайм-слотом размером в $N_{st} = 3$ условные единицы времени.

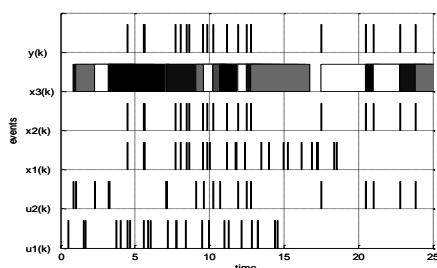


Рис. 3. – Диаграмма Ганта процесса предоставления выделенного канального ресурса с временным тайм-слотом размером в $N_{st} = 3$ у.е.в.

На представленной диаграмме просматриваются моменты поступления сервисных потоков в буфер устройства $x_1(k)$ (запуск перехода t_2), начала обслуживания сервисного потока устройством $x_2(k)$ (запуск перехода t_3), поступления управляющего воздействия $x_4(k)$ (запуск перехода t_4), а также моменты времени передачи сервисного потока в сеть $y(k)$.

Данная модель позволяет описывать такие параметры как времена поступления заявок сервисных потоков в очередь на обслуживание, с учетом процесса обслуживания при заданном законе обслуживания. Т.е. данная модель позволяет отображать оценку интенсивности поступления сервисных потоков в очередь. Из вышесказанного можно сделать вывод о том, что представленная динамическая модель работы планировщика не полностью отображает процессы, происходящие в нем. В общем случае, в планировщике необходимо учесть синхронизацию работы разных устройств, требующих передачи исходящих/нисходящих сервисных потоков.

Вывод

В статье показано, что одним из методов обеспечения QoS в сетях WiMax является планирование распределения канального ресурса (полосы частот) между мобильными абонентами под определенный сервисный поток. Для этого предложена методика определения необходимого момента времени для начала передачи сервисного потока. Показано, что «классическая» модель планировщика не подходит для этого, т.к. обладает рядом недостатков. Предложены ее модификации: представление в терминах Max-plus алгебры и в терминах сетей Петри. На основе временно-событийных графов осуществлен переход к уравнениям в пространстве состояний и на основе этого проведено моделирование. Показано, что представленная модель может решать поставленную задачу, но при наличии только одного абонента сети.

Перспективой исследования является составление модели, которая учтет работу нескольких абонентов одновременно с их обязательной синхронизацией. А это, в свою очередь, позволит улучшить эффективность использования канального ресурса.

Список литературы:

1. IEEE 802.16-2004, IEEE standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, Oct. 2004.
2. Лозинская В.Н. Методика решения задач маршрутизации с обеспечением качества обслуживания в мультисервисных сетях Вестник Института гражданской защиты Донбасса: научный журнал. – Донецк: ДонНТУ, 2016. – Вып. 2 (6). – 82 с.
3. IEEE 802.16a, Standards Committee. 802.16a IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, IEEE Computer Society and the IEEE Microwave Theory and Techniques Society, 2004
4. Ю.А. Семёнов и (ИТЭФ)„ Стандарт широкополосной беспроводной связи IEEE 802.16, [Электронный ресурс]/ Ю.А. Семенов: - Режим доступа к ресурсу: book.itep.ru (10.04.2017).
5. Mehta V., Gupta D. N. Performance Analysis of QoS Parameters for WiMAX networks / V. Mehta // International Journal of Engineering and Innovative Technology (IJEIT). - May 2012. - , Vol 1, Issue 5. - P. 105-111.
6. Кучерявый Е.А. Управление трафиком и качество обслуживания в сети Интернет / Е.А. Кучерявый. – СПб.: Наука и Техника, 2004. – 336 с.: ил.
7. Милов Д.С. Методы идемпотентной алгебры и анализа при исследовании сетей с очередями :дис. канд. физ.-мат. наук : 05.13.18 / Милов Денис Сергеевич. – СПб., 2003 – 99 с. – Библиогр.: с. 76-83
8. Жбанов, С.А. Идемпотентный подход к линеаризации динамических процессов в телекоммуникационных системах / С.А. Жбанов // Управление большими системами: Матер. VII Всерос. школы-конф. Т. 1. – Пермь, 2010.
9. Питерсон Дж. Теория сетей Петри и моделирование систем / Дж. Питерсон: пер. с англ. – М.:Мир, 1984. – 264с.:ил.
10. Francois Baccelli. Synchronization and Linearity An Algebra for Discrete Event Systems / Francois Baccelli, Guy Cohen, Geert Jan Olsder, Jean-Pierre Quadrat. – Wiley, 2001.
11. Бессараб В.І. Математичні основи теорії дискретно-безперервних систем: монографія – Донецьк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. – 40 с.

Аннотации:

Проведен анализ методов обеспечения QoS в сетях WiMax и предложен способ определения необходимого момента времени для начала передачи сервисного потока на основе математической модели планировщика. Представлены «классическая» модель планировщика и ряд ее модификаций в терминах Max-plus алгебры. Для учета дополнительных параметров предложенных моделей использован аппарат сетей Петри.

Ключевые слова: WiMax, QoS, математическая модель планировщика, Max-plus алгебра, сети Петри.

QoS methods in WiMax analysis and necessary start time moment of service flow transition method definition based on scheduler's mathematics model was made. "Classic" scheduler model and some of it's modifications in Max-plus algebra's terms was given. For accounting of additional parameters Petri networks apparatus was used.

Keywords: WiMax, QoS, scheduler's mathematics model, Max-plus algebra, Petri network.