

Модел за анализ на йерархични системи за дистанционно обучение

Петър Антонов, Валентина Антонова

A Model of Analysis of Hierarchical Systems for Distance Education: In this paper are presented some aspects connected with establishment of national virtual education area and distance education systems. A model for analysis of basic characteristics (meantime for answer and lost request probability) of hierarchical distance education systems is presented, too. The characteristics are determined with methods of the queueing theory.

Key words: distance education, model, performance analysis, computer and communications systems, virtual education area, queueing theory.

ВЪВЕДЕНИЕ

През последните няколко години в нашата страна бяха успешно реализирани редица национални и регионални проекти в областта на дистанционното обучение и ускореното изграждане и развитие на виртуално образователно пространство (ВОП). Като едни от най-значимите в това направление могат да бъдат посочени проекта за изграждане на първите центрове за дистанционно обучение (ЦДО) и националният проект "Виртуални образователни среди", в изпълнение на който през 2004 година бе създаден и Българския виртуален университет (БВУ) [2]. Реализацията на тези проекти е в пълно съответствие с препоръките на Европейската комисия и ЮНЕСКО [2,6 и др.], според които задачата за усъвършенстване на обучението с използване на съвременните информационни и комуникационни технологии и за развитие на тази база на ефективни дистанционни форми за обучение е една от основните задачи в областта на висшето образование и непрекъснатото обучение през 21 век.

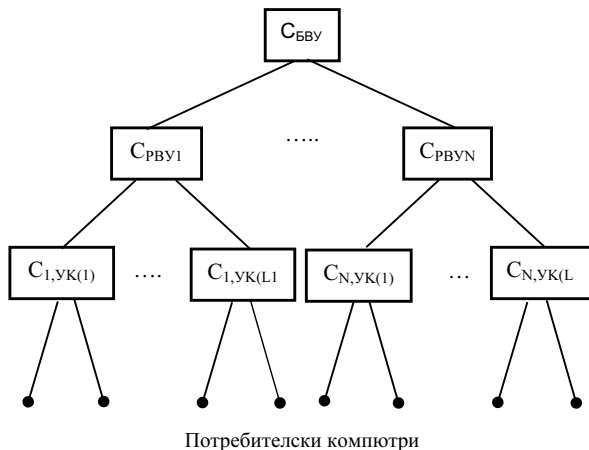
Очевидно е, че постигането на тази цел и изграждането на ВОП в страната е свързано с решаването на редица проблеми от различен характер, към които могат да се отнесат и проблемите за създаване на ефективни системи за дистанционно обучение (СДО). В тази връзка, в настоящия доклад, който се явява продължение и развитие на [1], се представя модел за анализ на основни параметри на йерархични СДО - средно време за отговор и вероятност за загуба на заявки за обслужване.

ОРГАНИЗАЦИОННА И ТЕХНИЧЕСКА СТРУКТУРИ НА ВОП

Организационна структура на изгражданото в страната ВОП е представена в [5] и допълнена в [1]. Основни звена в тази структура са: националният център за дистанционно обучение, БВУ и регионалните виртуални университети (РВУ). За изграждането на РВУ в отделните реални университети се формират ЦДО, които разполагат със собствени общи ресурси и се явяват организатори и администратори на виртуалния образователен процес в съответните университети.

Очевидно е, че за ефективното функциониране на организационната структура на ВОП е необходимо да се изгради и съответна техническа структура, която по същество се явява компютърно-комуникационна система (ККС). Базовата архитектура на ККС е представена на фиг. 1, където: $C_{БВУ}$ - сървър (сървъри) на БВУ; $C_{РВУ_i}$ ($i=1+N$) - сървъри на РВУ (регионални сървъри); $C_{i,УК(j)}$ ($i=1+N, j=1+L_i$) - сървъри на учебните класове (лаборатории) в съответните РВУ [1].

Вижда се, че архитектурата на фиг. 1 е с три йерархични нива, а в рамките на всеки РВУ - с две нива. Затова такава архитектура може да се разглежда и като основен компонент на **йерархична СДО** (следва да се отбележи, че по принцип е възможна реализация на ВОП и като **разпределена СДО**). При такава трактовка изгражданото в страната ВОП може да се разглежда и като национална йерархична СДО, включваща в себе си йерархичните СДО на регионално ниво.



Фиг. 1

Поради случайния характер на процесите в СДО за оценка и анализ на техните характеристики могат да се използват методи и модели на теорията на масовото обслужване (теория на опашките) [1,3,4 и др.].

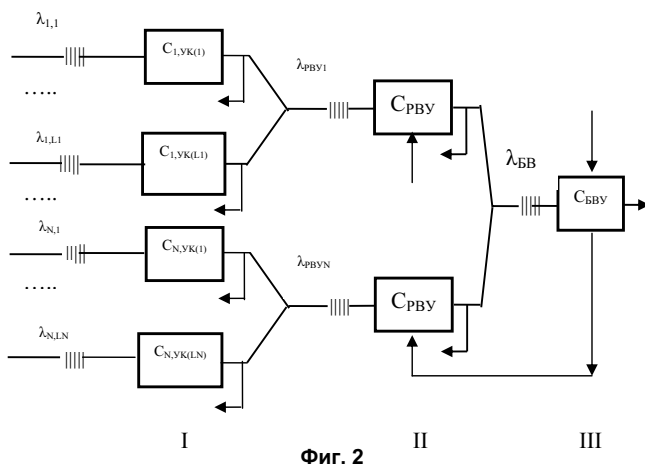
МОДЕЛ ЗА АНАЛИЗ НА ЙЕРАРХИЧНИ СДО

Една от основните характеристики на СДО е средното време за отговор на заявките, което се определя основно от производителността на техните ККС. За анализ на тази характеристика архитектурата от фиг. 1 е представена на фиг. 2 като трифазна система за масово обслужване, където [1]:

- сървърите на учебните класове $C_{i,УК(j)}$ ($i=1+N$, $j=1+Li$) са обслужващи прибори на първата фаза, регионалните сървъри $СРВУ_i$ ($i=1+N$) - обслужващи прибори на втората фаза, а $СБВУ$ - обслужващ прибор на третата фаза;
- $\lambda_{i,j}$ ($i=1+N$, $j=1+Li$) - интензивности на входящите потоци от заявки на първата фаза на обслужване, $\lambda_{РВУ_i}$ ($i=1+N$) - интензивности на входящите потоци на втората фаза и $\lambda_{БВУ}$ - интензивност на входящия поток от заявки към сървъра (сървърите) на БВУ.

Обратните стрелки след обслужващите прибори на първата и втората фаза означават, че част от заявките са обслужени напълно, напускат системата и не участват във формирането на входящите потоци, съответно, на втората и третата фази. Стрелката към $СБВУ$ представя входящият поток от заявки за предварителна информация от лица, които още не са станали потребители. Част от тези заявки се обслужва само от $СБВУ$, а друга част се насочва към съответните $СРВУ_i$.

Представеният на фиг. 2 модел може да се използва като базов за оценка и анализ на производителността, както на изгражданата ККС като цяло, така и на нейните компоненти, в рамките на всеки РВУ. За целта, в допълнение на казаното по-горе, е необходимо да се използват и интензивностите на обслужване на заявките на потребителите, както и да се приеме предположение за характера на входящите потоци и за разпределението на времената за обслужване.



Фиг. 2

Нека $\mu_{i,j}$ - интензивност на обслужване на заявките от сървъра на j -я учебен клас на i -я РВУ; μ_{PBYi} - интензивност на обслужване на заявките от сървъра (сървърите) на i -я РВУ; $\mu_{БВУ}$ - интензивност на обслужване на заявките от сървъра (сървърите) на БВУ. Освен това, с достатъчна за предварителния етап на проектиране точност може да се приеме предположението за поасонов характер на входящите потоци и за експоненциално разпределение на времената за обслужване на заявките на потребителите.

На фиг. 3 е показан фрагмент на модела от фиг. 2, отнасящ се само за i -я РВУ. В този фрагмент са обособени две фази на обслужване, първата от които включва L_i едноканални системи за масово обслужване с очакване и неограничен размер на опашките (в общия случай тези системи могат да бъдат и с ограничен размер на опашките, но на практика това ограничение на етапа на проектиране ще бъде несъществено), а втората представлява едноканална система за обслужване на сумарен поасонов поток с очакване и неограничен или ограничен размер на опашката.

Ако с T_i обозначим сумарното средно време за обслужване (на първа и втора фази) на подадените заявки в рамките на i -я РВУ, а с t_i^{f1} и t_i^{f2} - средните времена за пребиваване на заявките, съответно, в първата и във втората фази, то

$$t_i^{f1} = \left[\sum_{j=1}^{L_i} \frac{1}{(\mu_{i,j} - \lambda_{i,j})} \right] / L_i, \quad t_i^{f2} = \frac{1}{\mu_{PBYi} - \lambda_{PBYi}}. \quad (1)$$

Съотношението за t_i^{f2} съответства на случай с неограничен размер на опашката във втората фаза на обслужване. Ако ограничим този размер на опашката до m_i заявки, тогава [4]

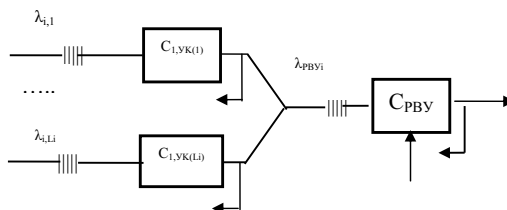
$$t_i^{f2} = \frac{1 - \rho_i^{m_i+1} [(1 - \rho_i)(m_i + 1) + 1]}{(1 - \rho_i^{m_i+2})(1 - \rho_i)\mu_{PBYi}}, \quad (2)$$

където $\rho_i = (\lambda_{PBYi} / \mu_{PBYi})$.

Интензивността на входящия поток от заявки на втората фаза на обслужване λ_{PBYi} може да се получи от следното съотношение

$$\lambda_{\text{РВУ}i} = \sum_{j=1}^{L_i} (1 - \alpha_{i,j}) \lambda_{i,j} + \lambda_i^*, \quad (3)$$

където $\alpha_{i,j}$ - част от входящия поток от заявки към сървъра на j -я учебен клас на i -я РВУ, която се обслужва изцяло, напуска системата и не участва във формирането на входящия поток за втората фаза, а λ_i^* - интензивност на потока от заявки за предварителна информация, които са насочени към $\text{СРВУ}i$ от СБВУ .



Фиг. 3

На основание на казаното по-горе, средното време за обслужване на заявките T_i в i -я РВУ може да се определи по следния начин:

$$T_i = \frac{t_i^{f1} \sum_{j=1}^{L_i} \alpha_{i,j} \lambda_{i,j} + (t_i^{f1} + t_i^{f2}) \sum_{j=1}^{L_i} (1 - \alpha_{i,j}) \lambda_{i,j} + t_i^{f2} \lambda_i^*}{\sum_{j=1}^{L_i} \lambda_{i,j} + \lambda_i^*}. \quad (4)$$

От тук, производителността Q_i на ККС на i -я РВУ, т.е. на i -та регионална йерархична СДО, се получава като

$$Q_i = (1/T_i) \text{ [среден брой обслужени заявки/секунда]}. \quad (5)$$

Получените финални съотношения (4) и (5) позволяват да се проведе анализ на производителността на ККС на всички РВУ на етапа на проектиране и да се осигури желаното качество на обслужване на потребителите от съответните регионални СДО.

В по-нататъшното изложение се разглежда обобщение на представения по-горе анализ на модела на техническата структура на йерархична СДО (на примера на регионална СДО от ВОП) и се анализира модела от фиг. 2.

Както бе вече отбелязано, този модел съдържа три фази на обслужване на заявките на потребителите. Втората фаза включва N едноканални системи за масово обслужване на сумарни поасонові потоци с очакване и ограничен или неограничен размер на опашките, а третата фаза представлява едноканална система за обслужване на сумарен поасонов поток, също с ограничен или неограничен размер на опашката.

Интензивността на входящия поток от заявки към сървъра на БВУ на третата фаза на обслужване $\lambda_{\text{БВУ}}$ може да се определи по следния начин:

$$\lambda_{\text{БВУ}} = \lambda^* + \sum_{i=1}^N (1 - \alpha_i) \lambda_{\text{РВУ}_i}, \quad (6)$$

където α_i - част от входящия поток от заявки към сървъра на i -я РВУ, която се обслужва изцяло от този сървър и не участва във формирането на входящия поток за третата фаза, а λ^* - интензивност на потока от заявки за предварителна информация, които се обслужват напълно от $\text{С}_{\text{БВУ}}$.

Ако с t^{f3} обозначим средното време на пребиваване на заявките на третата фаза на обслужване, с t^{f1f2} - средното време за пребиваване на заявките на първите две фази, с T - средното време за обслужване на заявките във ВОП и с Q [среден брой обслужени заявки/секунда] - производителността на ККС на ВОП, тогава

$$t^{f3} = \frac{1}{\mu_{\text{БВУ}} - \lambda_{\text{БВУ}}}, \quad t^{f1f2} = \frac{\sum_{i=1}^N T_i}{N}, \quad (7)$$

$$T = (t^{f1f2} + t^{f3}) \quad \text{и} \quad Q = 1/T. \quad (8)$$

Получените съотношения (8) могат да се използват за предварителен анализ и прогнозиране на необходимата производителност на ККС на йерархични СДО, в това число и на ККС на националното ВОП.

Съотношението за t^{f3} в (7) съответства на неограничен размер на опашката в третата фаза на обслужване. В случай, че ограничим този размер на опашката до максимум q заявки, тогава

$$t^{f3} = \frac{1 - \beta^{q+1}[(1 - \beta)(q + 1) + 1]}{(1 - \beta^{q+2})(1 - \beta)\mu_{\text{БВУ}}}, \quad (9)$$

където $\beta = (\lambda_{\text{БВУ}} / \mu_{\text{БВУ}})$.

Съотношението за t^{f1f2} в (7) е валидно, както за неограничен, така и за ограничен размер на опашките във втората фаза на обслужване. Разликата ще се прояви при определянето на отделните T_i с използване на съответните t_i^{f2} - в първия случай t_i^{f2} ще се изчисляват от съотношение (1), а във втория - от (2).

Известно е обаче, че при ограничен размер на опашките са възможни загуби на заявки за обслужване, което ще се отразява отрицателно върху качеството на обслужване на потребителите във всяка СДО. Затова в такива случаи е необходимо да се анализират и вероятностите за такива загуби.

Нека със z_{f1} , z_{f2} и z_{f3} да обозначим вероятностите за загуба на заявки на съответните първа, втора и трета фази на процеса на обслужване, а със Z - общата вероятност за загуба на заявки в СДО. Тогава

$$Z = 1 - (1 - z_{f1})(1 - z_{f2})(1 - z_{f3}). \quad (10)$$

Ако приемем, както бе отбелязано по-горе, че опашките на първата фаза са с неограничен размер, то z_{f1} може да се приеме за нула и тогава

$$Z = 1 - (1 - z_{f2})(1 - z_{f3}) = z_{f2} + z_{f3} - z_{f2}z_{f3} \cong z_{f2} + z_{f3}. \quad (11)$$

При това положение втората фаза се описва с N едноканални системи за масово обслужване с очакване и ограничени размери на опашките от m_i заявки, а третата фаза е едноканална система с максимален размер на опашката q . Ако в случая със z_{f2i} обозначим вероятността за загуба на заявки в i -та едноканална система на втората фаза, то

$$z_{f2i} = \rho_i^{m_i+1} (1 - \rho_i) / (1 - \rho_i^{m_i+2}), \quad z_{f2} = \sum_{i=1}^N z_{f2i} / N \quad \text{и} \quad (12)$$

$$z_{f3} = \beta^{q+1} (1 - \beta) / (1 - \beta^{q+2}). \quad (13)$$

В случай, че опашките на втората фаза също са с неограничен размер, тогава сумарните загуби ще се определят само от загубите на третата фаза, т.е. $Z = z_{f3}$.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основният резултат на настоящия доклад може да бъде формулиран по следния начин: разработен е модел за анализ на съществения параметри на йерархичните системи за дистанционно обучение - средно време за отговор и вероятност за загуба на заявки, който може да бъде използван и при създаването на виртуалното образователно пространство в страната.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Антонов, П., В. Антонова. Проблеми на защитата на достъпа до ресурсите при дистанционно обучение. //Трета национална конференция с международно участие по електронно обучение във висшето образование (15-17 май 2009). Свищов, АИ "Ценов", 2009, с. 265-270.
- [2] Кузов, О., А. Смикаров. Виртуалното образователно пространство в България - състояние и перспективи. София, Авангард принт ООД, 2005, 116 с.
- [3] Кербан, Х.В., Н.Н. Хублярян, Р.Н. Читчан. Модель двухуровневой системы дистанционного обучения. //Вестник РАУ. Серия физико-математические и естественные науки, 2, 2006, с. 49 - 64.
- [4] Саати, Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения. Пер. с англ. Москва, Советское радио, 1971, 350 с.
- [5] Antonov, P., V. Antonova. Access Control in the Virtual Education Area. //Proceedings of Fourth International Bulgarian-Greek Conference Computer Science'08. Kavala, Greece, September 18th - 19th, 2008, pp. 951 - 955.
- [6] Perspectives on Distance Education: Lifelong Learning and Distance Higher Education. Christopher McIntosh, Editor. Paris, UNESCO, 2005.

За контакти:

Доц. д-р Петър Цветанов Антонов, Катедра "Компютърни науки и технологии", Технически университет - Варна, тел.: 052-383 320, e-mail: peter.antonov@ieee.org
Гл. ас. инж. Валентина Радославова Антонова, Катедра "Компютърни науки и технологии", ТУ - Варна, тел.: 052-383 320, e-mail: valyvarna@yahoo.com

Докладът е рецензиран.