

МОДЕЛИРАНЕ НА АЛГОРИТЪМ С ТЕГЛА ЗА ИЗЧИСЛЯВАНЕ НА БЕЗКОНФЛИКТНО КОМУТАЦИОННО РАЗПИСАНИЕ*

Т. Ташев¹, Р. Железов²

¹Институт по информационни технологии – БАН
ttashev@iit.bas.bg,

²Научно-производственое объединение ИНСЕТ, Москва
ironromeo@mail.ru

РЕЗЮМЕ: *Представени са изследвания, отнасящи се до моделиране на процесите на превключване в комутационни възли. Разгледан е алгоритъм за елиминиране на конфликтите при превключване в комутационен възел, описан със средствата на Обобщените мрежи. Предложени са два критерия за постигане на оптимални резултати, използващи въвеждането на тегла на конфликтите. Компютърното моделиране е извършено със средствата на програмния пакет Vfort за операционна система Windows. Получените резултати касаят първия критерий в три режима на входни заявки. Обсъждат се възможности за подобряване характеристиките на алгоритъма.*

Ключови думи: *B.4.4 Performance Analysis and Design Aids, C.2.1 Network Architecture and Design, C.1.4 Parallel Architectures*

Въведение

Предаването на информация в съвременните информационни системи се извършва на основата на комутация на пакети. Комуникационния възел маршрутизира пакетите от своите входове към изходите. Комутаторът на комуникационния възел управлява този случаен входящ трафик, като елиминира конфликтите в комутационното си поле. Когато пакетираниите съобщения от два или повече входа трябва да се предадат едновременно през един и същ изход на комутатора, се получава конфликт. Конфликтите се

* Изследванията са частично финансирани по тема “Методи и средства за интегриране на информационните ресурси в разпределени системи и мрежи” на ИИТ-БАН.

разрешават чрез построяване на безконфликтно трафично разписание за комутатора [1].

При създаването на разписание за комутатор се цели, освен предаването на максимално количество пакети за единица време през него, и минимизиране времето за изчакване на пакетите, както и минимизиране на вероятността за блокировка на пакети. Постигането едновременно на тези три цели води към проблеми с комбинаторна сложност на решението [2]. Съществуват решения за постигане на част от целите - PIM, RRM, iSLIP, BvN [1,3,4]. Използвани са различни формални апарати: систематични представяния на множеството редове на трафичната матрица, клетъчни автомати, невронни мрежи, матрици-маски [5,6].

Ние използваме различен от изброените формален апарат – на Обобщените мрежи. (OM) [7]. Обобщените мрежи са съвременно формално средство, създадено с цел детайлизирано представяне на връзки между структурата и времевите съответствия в паралелни процеси. Използвани са за моделиране на процесите в широк спектър от системи, обекти и модели.[8,9,10]. Ние считаме, че апарата на OM може да прояви своите предимства и при съществуващия паралелизъм в задачата за изчисляване на безконфликтно комутационно разписание.

В тази работа апаратът на OM се използва за специфициране на алгоритъм, елиминиращ конфликтите при предаване в пакетен комутатор. Този алгоритъм свежда вероятността за блокировка на пакетите до нула и се стреми да максимизира натоварването на изходящите канали. За постигане на целта е въведен “слаб” критерий на оптималност, чрез използване на “тегла на конфликтите”. Моделът на алгоритъма е програмно реализиран с помощта на програмния пакет Vfort [11]. Сравнени са резултатите от работата му - при пълно, средно и слабо натоварване - по отношение на броя решения за изчисляване на безконфликтно разписание, а също и по времето за получаването му. Резултатите от компютърното моделиране сочат перспективността на използване на “силен” критерий и разпаралелване на изчисленията.

Моделиране на алгоритми за елиминиране на конфликти при комутация

Заявката за предаване на пакети през превключващ $n \times n$ линии комутатор се представя с $n \times n$ матрица T , наричана трафична матрица. В тази работа всеки елемент t_{ij} ($t_{ij} \in [0,1]$) на трафичната матрица T представя заявка за пакети от входа i към изхода j . Например, $t_{ij}=0$ означава че няма пакети за предаване към j -та изходна линия от i -та входна линия. Стойност на елемент $t_{ij}=1$ означава, че не по-малко от един пакет от i -та входна линия трябва да бъде предаден към j -та изходна линия на комутатора [1].

Приемаме, че конфликтна ситуация се създава, когато в който и да е ред от матрицата T броя на единиците е по-голям от единица - това съответства на случая, когато един източник заявява връзка с повече от един приемник. Наличието на повече от една единица, в която и да е колона от матрицата T е също указание за конфликтна ситуация и означава, че повече от един източник е заявил връзка към един и същ приемник. Избягването на конфликтите пряко се отнася до производителността на комутационния възел.

В предходни наши изследвания бяха моделирани с ОМ алгоритми за изчисление на безконфликтно разписание, базирани на принципа на случайния избор. Резултатите от работата им не ни удовлетвориха [12]. Модификацията им чрез въвеждане на априорна информация [13] с цел подобряване на работата им също не беше удовлетворителна. Тоест модификацията на оптималното решение за режима на максимално натоварване ($T=100\%$) “диагонала на T е оптимално решение” във вида “парчета от диагоналите на T са оптимално решение” (ПРМН) – не води до оптимално решение за другите режими на натоварване. Ясно се очерта необходимостта от въвеждане на друга стратегия за изчисление.

Разглеждането на различни типове видове примери и контра-примери ни доведоха до следното предположение:

Хипотеза: Максимален брой проблеми (при изчисляване на безконфликтното разписание) се предизвикват от максималния брой конфликти в матрицата T .

Това ни дава възможност да предложим два критерия за оптимизиране работата на алгоритъма. Целта е получаване на оптимално разписание за всички режими на натоварване.

Слаб критерий : Да започнем “ликвидиране” на конфликтите най-първо с конфликти в реда (стълба) на T с максимален брой конфликти.

Силен критерий : Да “ликвидираме” най-първо елемента (заявката) в T с максималния брой конфликти (в реда и стълба едновременно).

За “слабия” критерий се въвежда понятието “тегло на конфликтите” по редове/стълбове. За “силния” критерий е нужно понятието “ранг на конфликтите” по елементи на T .

По-надолу ще разгледаме алгоритъм, използващ слабия критерий. Въпросът за използването на силния критерий е предмет на следващи изследвания.

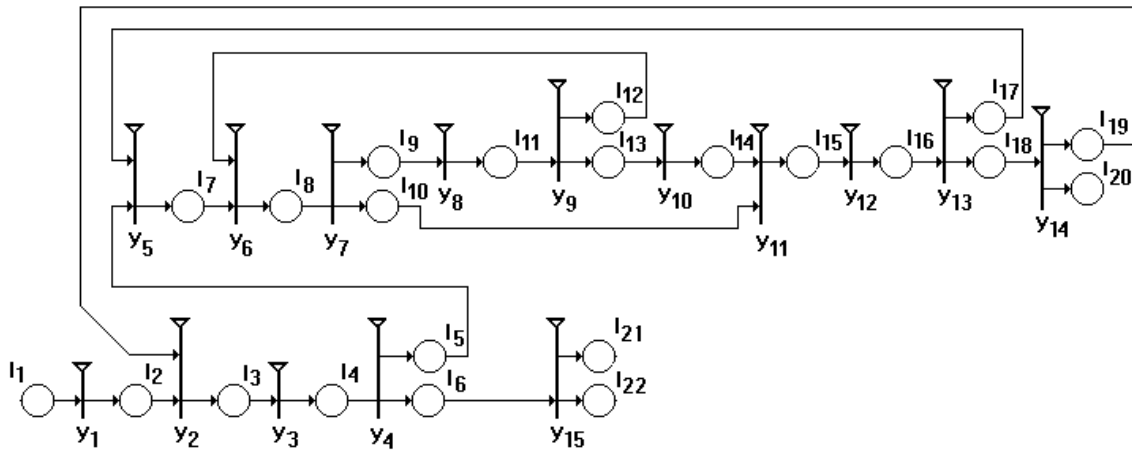
Модел на алгоритъма “MiMa”

Ще наричаме алгоритъма, реализиращ слабия критерий, “MiMa” (минимум от максимуми). Неформално описанието му е следното.

Въведена е матрицата T . Изчисляваме вектор-стълб, съдържащ броя на конфликтите във всеки ред (тегла на конфликтите). Изчисляваме вектор-ред, съдържащ броя на конфликтите във всеки стълб (тегла на конфликтите).

Избираме във вектора-ред максималния елемент (стълбът с максимум конфликти). Избираме във вектора-стълб максималния елемент (редът с максимум конфликти). Ако има заявка на това пресичане в T – записваме я като елемент на безконфликтната матрица Q_k . Ако не - то избираме във вектора-стълб следващия след максималния елемент. Проверяваме за наличието на заявка, и т.н. В резултат, за избрания стълб на T ще изберем заявка (ако съществува) и ще намалим теглата на конфликт на съответните ред и стълб. Взимаме следващия под максимума конфликти стълб, и за него търсим заявка по описания критерий. Като резултат първата матрица Q_1 ще поеме в себе си елементи (заявки) достатъчно конфликтни – ако не най-конфликтните, то суб-. За последната матрица Q_k ще останат безконфликтни заявки.

Формално алгоритъм MiMa описваме със средствата на Обобщените мрежи. Графичната форма на получения OM-модел е показана на Фиг.1.



Фиг.1 Графична форма на OM-модел на “MiMa”

Симулирането му потвърждава получаването на безконфликтно разписание. Изчислителната сложност на решението е зависеща от четвърта степен на размерността n на матрицата T . Численото моделиране трябва да ни даде отговор на въпроса: получаваме ли по-добро решение.

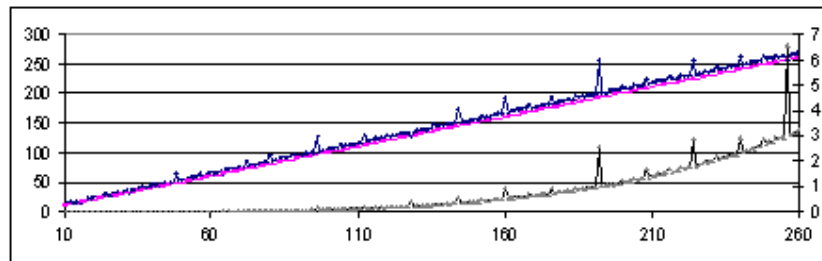
Числено моделиране работата на OM-модела “MiMa”

При построяването на OM-модела се имаше предвид постигането на ясно съответствие между изграждащите го елементи и алгоритмичните действия. То се извършва на основа на следните правила:

- на всеки оператор за сравнение (от алгоритъма) съпоставяме единствен преход в OM-модела;
- на всяка група последователни оператори за присвояване (от алгоритъма) съпоставяме един преход в OM-модела.

Това предостави удобство при програмирането на алгоритъма на езика на високо ниво на програмния пакет Vfort на Института по математическо моделиране на Руската академия на науките, който е предоставен за свободно ползване [11]. Vfort е предназначен за работа под операционната система Windows на фирмата Microsoft. Програмният код се компилира до изпълним файл, изпълняван в конзолен режим. Ние използвахме персонален компютър с процесор Pentium IV на 3000 MHz с 2 GB оперативна памет. Изпълнимият код се получи с големина от порядъка на 65 KB. Ограничения се очакваха от размерността на трафичната матрица, но нямаше проблем до размерност от вида 2048x2048. На практика ограничение се явява времето за изпълнение на кода. Размерността на трафичната матрица ще променяме от 3x3 до 260x260. Това е заради увеличеното на порядък време за изпълнение.

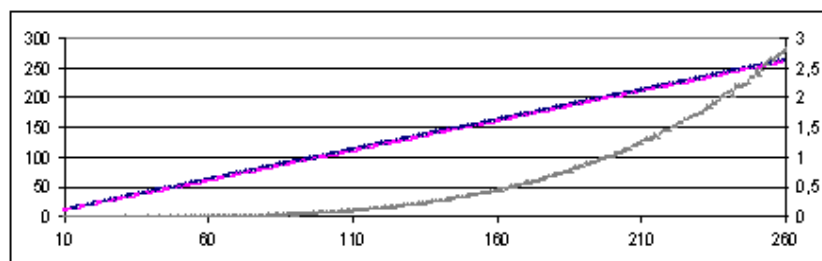
На фиг.2 са показани резултатите от численото моделиране на варианта на алгоритъма, наречен “MiMa” в режим на пълно натоварване (100%). Резултатът е само с 5% влошаване на решението, като изключим определени размерности. Това е най-горната начупена линия – с пиковете. Теоретичният оптимум е под нея. Времето за изпълнение е от порядъка на четвърта степен от размерността n . Вижда се пропорционалната зависимост на времето за изпълнение от броя решения k (итерации) – пиковете съвпадат.



Фиг.2 Близко до оптималното разписание при модел “MiMa” (100%)

Прави впечатление, че на същите места алгоритъм “matrix” дава оптимално решение, а за останалата част обратно – дава много влошеното решение [12].

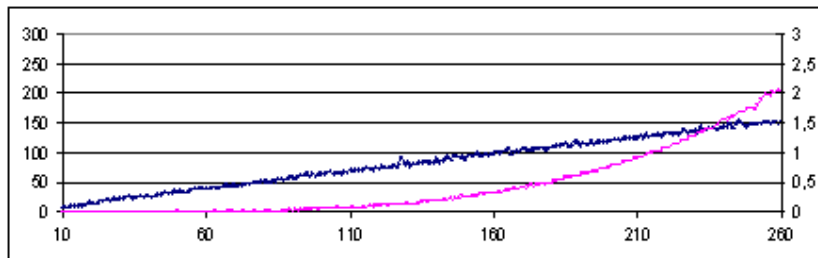
На фиг.3 са показани резултатите от численото моделиране в режим на натоварване, близко до максималното (99%). Тук влошаването на решението е в рамките на 2%. Няма пикове и при двете линии.



Фиг..3 По-близко до оптималното разписание при модел “MiMa” (99%)

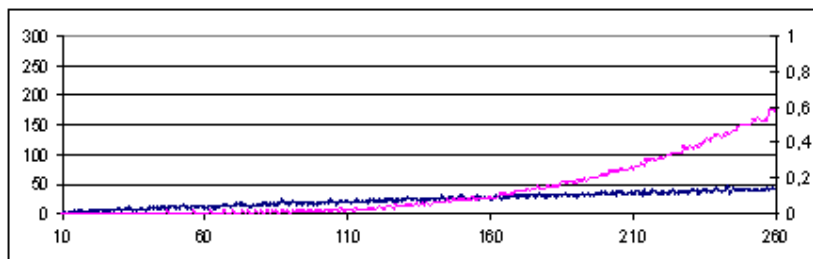
На фиг.4 са показани резултатите от численото моделиране в режим на средно натоварване (50%). Тук наблюдаваме оптималност на решението.

За режимите на средно и слабо натоварване беше извършено числено моделиране за натоварване 1%, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 60 и 70%. Решението навсякъде е оптимално. Времето за изпълнение е от порядъка на четвърта степен от размерността n . Потвърждава се пропорционалната зависимост на времето за изпълнение от броя решения k (итерации).



Фиг.4 Оптимално разписание при модел “MiMa” (50%)

На фиг.5 са показани резултатите от численото моделиране в режим на слабо натоварване (10%). И тук наблюдаваме оптималност на решението.



Фиг.5 Оптимално разписание при модел “MiMa” (10%)

Въпросът беше: кога се наблюдава влошаване на решението на алгоритъма “MiMa”. При 80% и 90% натоварване решението продължаваше да е оптимално. Едва при 95% натоварване започна влошаване на решението, монотонно нараствайки до 5% влошаване при 100% натоварване.

Можем да смятаме, че алгоритъмът “MiMa” е с много добро действие, по отношение на решението. Цената е платена с увеличаване на порядък на времето за изпълнение. Но въведения критерий постига целта си.

Заклучение

Определено алгоритъмът “MiMa” дава по-добро решение от изследваните до сега от нас до тук алгоритми [12, 13]. Но доколкото искаме да направим избор

между тях, той не е еднозначен. Времето за изпълнение трябва да е сравнимо, за да можем да предпочетем “MiMa”.

Тъй като при специфицирането на алгоритъм “MiMa” не беше търсена оптималност и за времето му на изпълнение, смятаме, че има възможности за модификация, с цел подобряване на времевите характеристики.

Това е направление за следващи изследвания. Също така ще искаме да специфицираме и алгоритъм, базиращ се на втория критерий. И да изследваме неговото действие.

Литература

1. Elhanany I., Kahane M., Sadot D. Packet scheduling in next-generation multiterabit networks. *Computer*, 2001 April, pp.104-106.
2. X. Li, and M. Hamdi, “On scheduling optical packet switches with reconfiguration delay”, *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, Sept. 2003, vol. 21, issue 7, pp.1156–1164.
3. Gupta P., McKeown N. Designing and Implementing a Fast Crossbar Scheduler. *IEEE Micro*, Jan.-Feb. 1999, pp.20-28.
4. Al Sayeed C., Matrawy A. Guaranteed Maximal Matching for Input Buffered Crossbar Switches. *Proceedings of the 4th Annual Communication Networks and Services Research Conference (CNSR'06) 24-25 May 2006*, pp. v- ix. ISBN: 0-7695-2578-4.
5. Takefuji Y. and K.C.Lee. An artificial hysteresis binary neuron: a model suppressing the oscillatory behaviors of neural dynamics. *Biol. Cybernetics*, 1991, Vol.64, pp.353-356.
6. Kolchakov K.H. An Approach for Non-Conflict Schedule Synthesis - Modeling and Optimization. //Научная сессия “МИФИ-2008” 21-25 Января 2008 года, Москва, Россия. Том 10. Интеллектуальные системы и технологии, с.100-101. ISBN 978-5-7262-0883-1.
7. Atanassov K. *Generalized Nets*. World Scientific, Sing., N.J., London, 1991.
8. Atanassov K. *Generalized Nets and System Theory*. . Akad. Press “Prof.M.Drinov”, Sofia, Bulgaria, 1997.
9. Atanassov, K., H. Aladjov. Generalized nets model of a new type of expert systems. *Advanced Studies in Contemporary Mathematics*, Vol. 3, 2001, No. 1, 43-58.
10. Гочев В. Моделиране на телекомуникационен трафик с обобщени мрежи. на Национална конференция международно участие “Електроника’2008”, 29-30 Май 2008 г. София, с. 88-93.
11. <http://www.imamod.ru/~vab/vfort/download.html>.
12. Ташев Т.Д., Воробьев В.М. Компьютерное моделирование одного алгоритма вычисления бесконфликтного расписания в коммутационном узле. *Proc. of Int. Workshop “Distributed Computer and Communication*

Networks – DCCN'2008" October 20-23 2008 , Sofia, Bulgaria. Moscow, Russia, 2008. pp.95-100. ISBN 978-5-901158-09-8.

- 13.Ташев Т.Д., Ташева Р.П., Модел за изследване на елиминирането на конфликти в комуникационен възел с Обобщени мрежи. Годишник на Секция "Информатика" при Съюз на учените в България. Том 1, 2008. Издателство на Съюз на учените в България, София, 2008 г. с.105-111. ISSN 1313-6852.

Abstract: *The paper considers the investigations on algorithm for non-conflict schedule computing in packet crossbar switch communication node. The algorithm is specified by means of Generalized Nets apparatus. Two criteria for optimum results are suggested, including weights of conflicts. Using the programming packet Vfort the computer models of algorithm have been built. They have been investigated in three working modes: for low, middle and high throughput, for the first criteria. Some possibilities for improvement of the algorithms' characteristics are discussed.*