# ИЗСЛЕДВАНЕ НА ВЪЗМОЖНИ ПЪТИЩА С ДВЕ ОГРАНИЧЕНИЯ В WAXMAN ГРАФ

ЯВОР ТОМОВ,   ГЕОРГИ ИЛИЕВ

* Технически университет – София, София 1756, България, бул. "Кл. Охридски" No. 8, Бл. 1 E-mail: qvor_tomov@abv.bg.

**Abstract**. In nowadays, modern telecommunication services require the support of QoS. In order this QoS to be guaranteed, the routers should select a feasible path from source to destination. When a certain service requires two or more parameters guaranteed, the problem is known as Multi Constraint Problem (MCP). MCP is NP- hard. In this paper the feasible paths with two constraints on Waxman graph will be examined. Two heuristic algorithms that are able to solve MCP are going to be used.

**Keywords**: MCP, Waxman graph

## УВОД

Бързото развитие на телекомуникационните технологии доведе до появата на голям брой нови услуги. Една значителна част от тези услуги са услугите в реално време, такива като: телеконференция, телемедецина, видеонаблюдение и др. Всички тези услуги,  изискват необходимото качество на обслужване, което от своя страна, изисква гарантирането на един или повече параметри от източника до получателя. С други думи казано задачата е позната като задача за намирането на най– кратък път с един или повече параметъра. Когато параметрите са повече от един, задачата е известна като Multi Constraint Problem MCP(задача с много ограничения). MCP е NP – hard[6].

Различните видове параметри могат да бъдат клсифицирани както следва:

- добавъчни(закъснение, джитер и др.)
- умножаващи (вероятност за загуба на пакет)
- min/max параметри (честотна лента)

Обект на тази статия са добавъчните параметри, където всеки параметър от източника до получателя е сумата от този параметър върху отделните линкове по целия път.

В литературата са предложени много алгоритми за намирането на най-кратък път с един праметър, като най популярни са алгоритъмът на Дикстра[3] и алгоритъмът на Белман-Форд[1].

Друг вид алгоритми са способни да решат задачата, когато параметрите са повече от един[2][5][7][8][9][10][12].

Основната задача на всеки един рутер във физическата мрежа е да намери най-краткия път от източника до получателя.

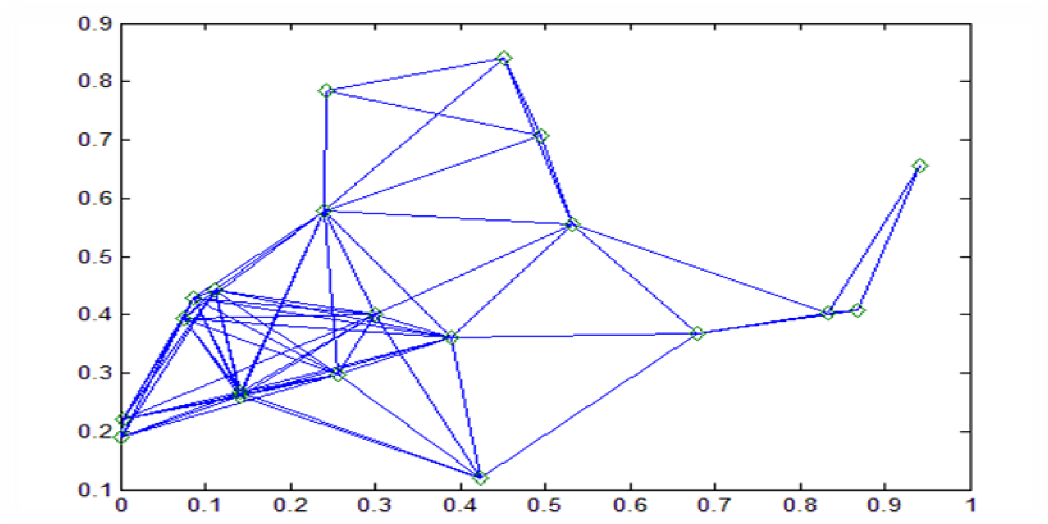
Всяка една физическа мрежа може да бъде представена като граф.
За целта на статията ще бъдат въведени следните означения: G(V, E), където V е множеството на възлите, а E е множеството на линковете. Възлите представляват рутерите в дадена мрежа, докато линковете физическите връзки между тях. Всеки един линк е натоварен с двудеменсионен линк вектор $\vec{w}(w_1, w_2)$, където $w_1$ е първото тегло, а $w_2$ е второто тегло. Източникът ще бележим с $s$, а получателят с $t$. Ограниченията ще бележим съответно с $L_1$ и $L_2$, а различните пътища с $p$.
Целта на тази статия е да покаже симулиране на реална мрежа върху Waxman граф и имплементиране на алгоритмите на Jaffe[8] и Iwata[7], които имат за цел да намерят най-кратък път с две ограничения.

## WAXMAN ГРАФ

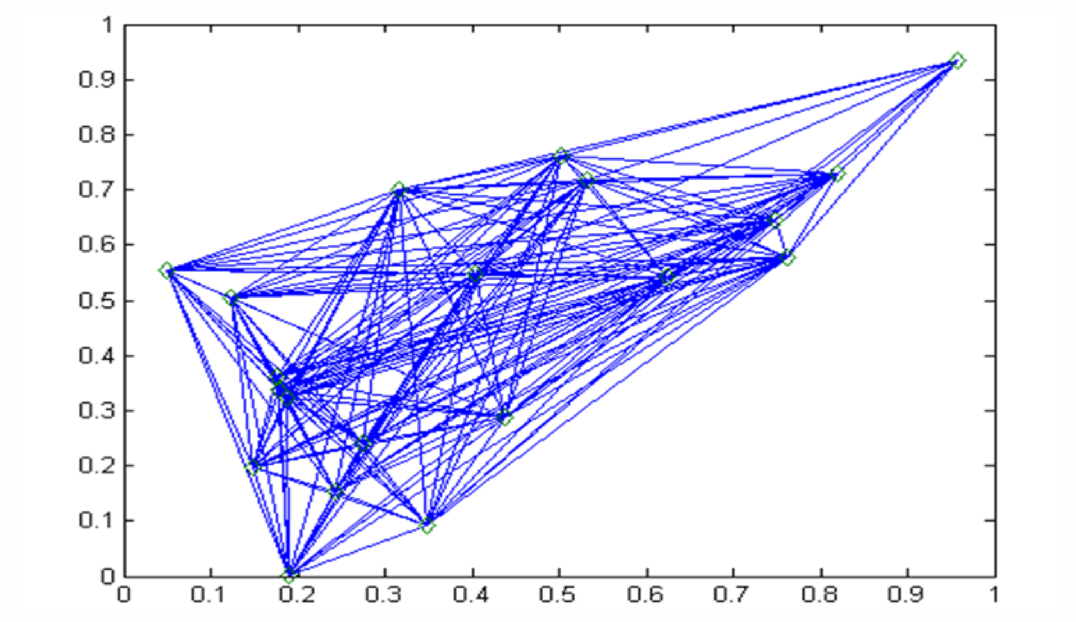
Различните видове мрежови излсдвания биха били доста трудно проведени в една реална мрежа. През 1994г. Megan Thomas и Ellen Zegura[12], показват предимствата на това, една мрежа да бъде симулирана като граф, където големината на мрежата и различните параметри, могат лесно да бъдат манилполирани.
Waxman граф [13], принадлежи към класа на случайните графи[4] $G_p(N)$ $G_p(N)$,където индексът $p$ е вероятността, два нода да са свързани.
Bernard Waxman въвежда следната вероятност за свързаност между два възела Уравн.1.

(1)
$$P(\{u,v\}) = \beta \exp\frac{-d(u,v)}{L\alpha},$$

където $d(u,v)$ е разстоянието между възел $u$ и възел $v$, $\alpha$ и $\beta$ са параметри принадлежащи на областта [0, 1]. По - голяма стойност на $\beta$, резултира вурху графа с по – голяма наситеност на линкове, докато по – малка стоиност на $\alpha$, увеличава наситеността на късите линкове спрямо тези на дългите.
Съществуват два подхода за генериране на Waxman граф. Първият подход е чрез генериране на случайни стойности на координатите на всеки нод в Евклидова координатна система и след това намиране на разтоянието. При вторият подход, директно се генерирарат случайни стойности на разстоянията между всички нодове. Между двата подхода няма съществена разлика[11]. На Фиг.1 и на Фиг.2 сме генерирали два графа с различна вероятност на свързване.




**Фигура 1**. Waxman граф с 20 възела и $p = 0.04; \alpha = 0{,}1; \beta = 0{,}5.$




**Фигура 2**. Waxman граф с 20 възела и $p = 0.001; \alpha = 0{,}1; \beta = 0{,}5.$

**АЛГОРИТЪМ НА IWATA И АЛГОРИТЪМ НА JAFFE, СИМУЛАЦИОННИ РЕЗУЛТАТИ.**

## Алгоритъм на Iwata

Iwata предложи един евристичен алгоритъм[7], за решаването на MCP, използвайки алгоритъмът на Дикстра. Този алгоритъм намира наи – краткия път по отношение на първото ограничение. След това проверява, дали този път изпълнява всички ограничения Уравн.2.

(2) $$w_i = \sum_{i=1}^{n} w_i(P_{s \to t}) \le L_i \,.$$

Ако Уравн.2 е изпълнено то този път се нарича – *възможен път* и алгоритъмът спира. Ако Уравн.2 не е изпълнено за първото ограничение, то процедурата се повтаря за всички останали.

**Алгоритъм на Jaffe**

Jaffe в неговия алгоритъм[8] предложи теглата на фсички линкове да бъдат миксирани Уравн.3, чрез отношенията на Лагранж Уравн.4.

(3) $$w(u,v) = d_1 w_1(u,v) + d_2 w_2(u,v),$$

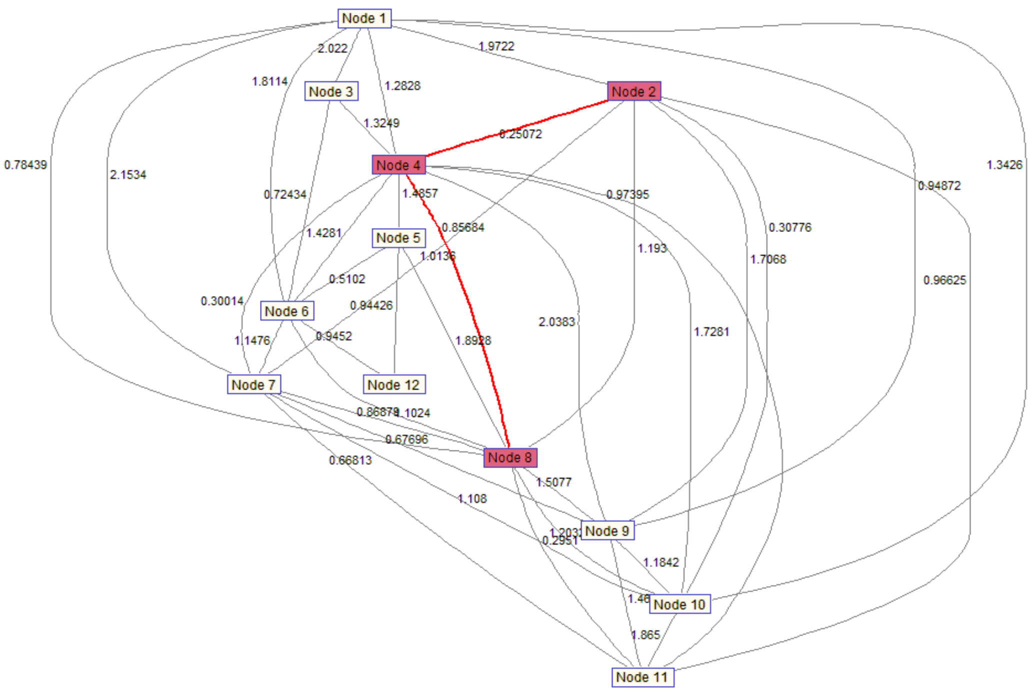
където $d_1$ и $d_2$ са коефициенти определени от Уравн.4

(4) $$\sqrt{\frac{L_1}{L_2}} = \frac{d_2}{d_1}$$

При така получените еденични тегла върху всеки линк алгоритъмът използва алгоритъмът на Дикстра за намиране на най-краткия път.

**Симулационни резултати**

За по-добра визуализация ние сме генерирали Waxman граф с дванадесет възела. Въвели сме източник и получтел, в конкретния случай това са възел осем и възел две. Всеки линк е натоварен с две тегла. Те са случайни стойности между нула и едно, $L_1 = 1.0$, $L_2 = 0,6$. Имплементира ли сме двата алгоритъма. Като допълнение към задачата ние сме задали намирането на най-кратките пътища от всеки междинен възел до източникът и до получателят, което след съответното им сумиране, води до нови пътища Таблица 2. На Фиг.3 е показан пътя открит от алгоритъмът на Jaffe.Таблица 2. показва теглата на открития от съответния възел най-къс път от източника до получателя.




**Фигура 3.** Пътя намерен от алгоритъмът на Jaffe.

**Таблица 1.** Алгоритми на Jaffe и Iwata

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Jaffe path | | 8 | 4 | 2 | | |
| тегло 1 | 0.6684 | | | | | |
| тегло 2 | 0.3402 | | | | | |
| Iwata path 1 | | 8 | 11 | 7 | 4 | 2 |
| Iwata path 2 | | 8 | 7 | 2 | | |

**Таблица 2.** Тегла получени от всеки възел, от източника до получателя

| | възел 1 | възел 2 | възел 3 | възел 4 | възел 5 | възел 6 | възел 7 | възел 8 | възел 9 | възел 10 | възел 11 | възел 12 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| тегло 1 | 1,2577 | 0 | 1,9542 | 0,6684 | 2,3303 | 1,7902 | 0,8234 | 0 | 1,1389 | 1,01872 | 0,70812 | 3,31826 |
| тегло 2 | 0,8213 | 0 | 1,1218 | 0,3402 | 0,7891 | 0,7677 | 0,4618 | 0 | 1,2367 | 0,38127 | 0,42853 | 1,04836 |

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В тази статия избрахме да изследваме два алгоритъма, които спадат към един и същи клас алгоритми за решаване на MCP – алгоритми с единична или миксирана метрика. Тези алгоритми бяха избрани поради ниската им изчислителна стойност. Симулационните резултати на показания пример показват, че и двата алгоритъма намират пътища, на които съответните тегла попадат в зададените ограничения $L_1$ и $L_2$. Двата алгоритъма по своята същност са евристични и в общия случаи не гарантират намиране на решението. Поради тази причина, подобни алгоритми използват принципа на $k$-ти най-кратък път, превръщайки ги в точни [5][12]. Това от своя страна, увеличава значително сложността на тези алгоритми. В [10] авторът предлага, използването на друг подход за намиране на множество от допълнителни пътища, с които значително се увеличава вероятността за намирането на даденото решение. Ние използвахме подобен подход, който може да бъде използван в така наречените дистрибутивни алгоритми и ще бъде обект на последващи изследвания.

## ЛИТЕРАТУРА


[1] Bellman Richard. On a routing problem. Quarterly Applied Mathematics,   XVI(1): 87- 90, 1958.

[2] De Neve H. and Van Mieghem P.. TAMCRA: a tunable accuracy multiple constraints routing algorithm. Computer Communications, 23: 66 - 679, 2000.

[3] Dijkstra E.W.  A note on two problems in connexion with graphs. NumerischeMathematik, (1):269—271, 1959.

[4]  Erdös. P and A. Rényi. On random graphs I. Publ. Math. Debrecen., 6:290—297, 1959.

[5] Feng Gang, “ Exact algorithms for multi-constrained QoS routing, ”International Conference on Computer, Communication and Control Technologies (CCCT’03), Orlando, USA, Vol. 2, pp. 340 – 345, July 31 – Aug 2, 2003.

[6] Garey M.R. and Johnson D.S.. Computers and Intractability: *A guide to the Theory of NP-Completeness*. ISBN 0 -7167–1044-7. W. H. Freeman and Company, San Francisco, 1979.

[7] Iwata A., Izmailov R., Lee D., Sengupta B., Ramamurthy G., and Suzuki H.. ATM routing algorithms with multiple QoS requirements for multimedia internetworking. IEICE Trans. Commun., E79 - B(8):999 - 1007, Aug. 1996.

[8] Jaffe.J.M. Algorithms for finding paths with multiple constraints. Networks,14:95—116, 1984

[9] Juttner A., Szviatovszki B., Mecs I., Rajko Z., "Lagrange relaxationbased method for the QoS routing problem", Proceedings of the INFOCOM 2001 Conference, vol. 2, IEEE, 2001, pp. 859–868.

[10] Korkmaz T. , M. Krunz , "Multi-constrained optimal path selection",Proceedings of the INFOCOM 2001 Conference, vol. 2, IEEE, Anchorage, Alaska, 2001, pp. 834–843.

[11[ Thomas M. , Zegura E. , "Generation and Analysis of Random Graphs to Model Internetworks" GIT-CC-1994.

[12] Van Mieghem P. and F. A. Kuipers, "Concepts of Exact Quality of Service Algorithms," IEEE/ACM Trans. Net Vol. 12, pp. 851 - 862, 2004.

[13] Waxman.B.IEEE Journal on In Selected Areas in Communications, IEEE Journal on, Vol. 6, No. 9. (06 December 1988), pp. 1617-1622.