

Կապուղային ուղեգծման մոր ալգորիթմի մասին

Վարդան Ա. Մանուկյան

ՀՀԳԱԱ Ինֆորմատիկայի և ավտոմատացման պրոբլեմների ինստիտուտ
e-mail vardanm2003@yahoo.com

Ամփոփում

Աշխատանքում առաջարկված է ԻՍ մախագծման կապուղային ուղեգծման մի ալգորիթմ, որում օգտագործվում են ոչ-մանհեքեմյան լարեր: Ուղեգծման ալգորիթմը հիմնված է զուգահեռ պրապալային տեսակավորման և տեղափոխությունների վրա: Նախնական արդյունքները ցույց են տալիս, որ կապուղային ուղեգծման այս դասը քննադատվում է ավելի փոքր լայնությամբ, քան Մանհեքեմյան մոդելի օգտագործման դեպքում:

1. Ներածություն

Կապուղային ուղեգծումը համարվում է ԳՄԻՍ (գեր մեծ ինտեգրալ սխեմա) չիպերի և տպասալերի (PC board) ֆիզիկական մախագծման առավել բարդ և կարևոր փուլերից: Կան բազմաթիվ աշխատանքներ, որոնցում ԳՄԻՍ չիպերի ուղեգծումը բերվում է կապուղային ուղեգծման [1]: Չնայած, որ կապուղային ուղեգծման խնդիրը ընդհանուր դեպքում NP-լրիվ է [2], այն ուսումնասիրված է շատ հեղինակների կողմից և գոյություն ունեն բազմաթիվ մոտավոր, բայց արագագործ ալգորիթմներ [7], [4], [3], [6], [5]:

Այս աշխատանքում ներկայացվում է կապուղային ուղեգծման մի մոդել, որի հիմքում ընկած է տեսակավորման ստրատեգիան և տարրեր է Մանհեքեմյան մոտեցումից:

Մասնավորապես ուղղահայաց սահմանափակումներ ավելի քիչ կան և ավելին, այս ալգորիթմի կիրառման արդյունքները համեմատվում են շրթանների միմիալ փոխաձևվմանը, որը բերում է շերտից շերտ անցումների՝ միացման անցքերի թվի փոքրացմանը:

2. Խնդրի դրվածքը

Կապուղին դա մույն չափանի Top և Bot ոչ բացասական ամբողջ կոորդինատներով վեկտորների զույգ է:

$$\begin{aligned} \text{TOP} &= (t(1), t(2), \dots, t(n)); \\ \text{BOT} &= (b(1), b(2), \dots, b(n)); \end{aligned}$$

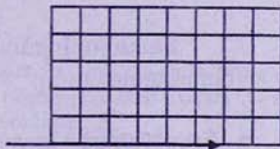
Մենք համարում ենք, որ այդ վեկտորների կոորդինատները վերագրված են ուղղանկյուն ցանցի վերևի և ներքևի տողերի համգույցներին (Նկար 1): Համգույցները, որոնք ունեն մույն դրական համարը կազմում են մի շղթա և պետք է միանան իրար: Օ-նիշեր ունեցող համգույցները համարվում են ազատ և չեն միացվում: Միացումների ուղեգծման համար հատկացվում է միացումների երկու շերտ: Պահանջվում է բոլոր շղթաների ուղեգծում, մույն դրական համարն ունեցող համգույցների էլեկտրական միացումների ապահովում միաժամանակ փոքրացնելով կապուղու մակերեսը և միացման անցքերի թիվը:

Առանց ընդհանրությունը խախտելու կարող ենք ընդունել, որ կապուղու վերևում շղթաների համարները դասավորված են բնական կարգով, իսկ ներքևում՝ կամայական ձևով:

....., $u(n)$

Top = 1,2,3,4,5,6,7...; կամ Top = 0,0,1,2,5,7,8...;
Bot = 5,3,2,7,1,4,6...; Bot = 5,0,8,1,0,7,2...;

$u(1)$ $u(2)$,



$b(1)$ $b(2)$,

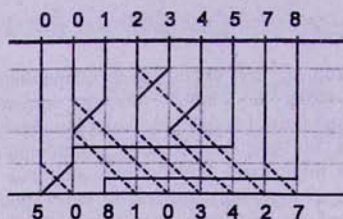
....., $b(n)$

Նկար 1

3. Տեսակավորման մոդել

Պրայջակային տեսակավորման վրա հիմնված այս մոդելի էությունը համդիսանում է տեղափոխությունները: Այս տեսակավորման ժամանակ համարները գույզներով տեղափոխվում են միայն մեկ անգամ, և այն էլ այն դեպքում, երբ նրանք դասավորված են ոչ ճիշտ կարգով: Այստեղ միացումների համար օգտագործվում են մաս ուղղանկյուն ցանցի մագիստրալների միջանկյալ մասերը (երկու հարևան մագիստրալների մեջտեղով): Քանի որ մեկ տեղափոխման ժամանակ ամենափչը մեկ շղթա անցնում է իր վերջնական դիրքին, հետևաբար մեզ կարող է անհրաժեշտ լինել ամենաշատը n քայլ, որպեսզի տեսակավորենք n -շղթա: Հետևաբար կապուղու լայնությունը կլինի $L \leq n$, որտեղ n -ը շղթաների թիվն է: Տեսակավորման ամեն մի միջանկյալ քայլ առաջ է բերում հարևան տեղափոխություն և պահանջում է մեկ հորիզոնական մագիստրալ: Մոդելը թույլ է տալիս մաս բազմատերմինալ շղթաների առկայությունը ինչպես մաս 0-ների՝ ազատ համգույցների, առկայություն:

Բերենք տեսակավորման եղանակով ուղեգծված կապուղու մի օրինակ (Նկար 2):



Նկար 2

Ինչպես նշել էինք, տեսակավորման մոդելի գաղափարը կայանում է նրանում, որ տեղափոխության ժամանակ ամեն մի քայլում մեկ շղթա անցնում է իր վերջնական դիրքին և հետևաբար n -շղթա տեսակավորելու համար անհրաժեշտ է ամենաշատը n -քայլ:

3.1 Տեսակավորման մոդելի իրականացման ալգորիթմի նկարագրությունը

- Առաջին փուլում կատարվում է մաքսիմալ համար ունեցող շղթայի անցումը իր վերջնական դիրքին: Այդ միացումը կատարվում է ցանցի միջանցիկ մասերով, նկարում դա 8-րդ շղթան է: Առաջին մակարդակի այդ տեղամասում գտնվող մնացած բոլոր շղթաները դեպի հակառակ կողմ կատարում են 45° -անկյան անցումներ ուղեգծման 2-րդ շերտում: Նույն մակարդակում այդ տեղամասից դուրս գտնվող մնացած շղթաները նույն ձևով ենթարկվում են նույն սկզբունքին: Փնտրվում է հաջորդ մաքսիմալ համար ունեցող շղթան և այդ նույն մակարդակի վրա, արդեն ընտրված տեղամասում անցնում է իր համապատասխան վերջնական դիրքին, իսկ այդ տեղամասում գտնվող մյուս շղթաները նույն սկզբունքով կատարում են 45° -անկյան անցումներ: Նշված միջանցիկ անցումներ իրականացվում են այն դեպքում, երբ համեմատվող շղթաները իրար ամմիջական հարևաններ չեն: Եթե համեմատվող շղթաներ իրար ամմիջական հարևաններ են ապա տեղափոխությունը կատարվում է $+45^\circ$ և -45° անկյան գծերի միջոցով:
- Ալգորիթմի հերթական փուլում հերթական մակարդակի ամենաաջ կողմի շղթան անցնում է իր վերջնական դիրքին, կրկին միջանցիկ անցումով: Նման կերպ, ամեն հաջորդ քայլում յուրաքանչյուր հաջորդ ամենաաջ շղթան անցնում է իր վերջնական դիրքին՝ կատարելով միջանցիկ անցում և մնացած շղթաներն էլ կատարում են վերը նշված քայլերի հաջորդականությունը: Ուղեգծումը ավարտվում է այն ժամանակ, երբ վերևի և ներքևի կողմում գտնվող նույն համարի հանգույցների միացումը էլեկտրականապես ապահովված է:

Ինչպես նշեցինք, եթե շղթան տեղափոխություն կատարելուց հետո որևէ քայլում հայտնվում է իր վերջնական դիրքում, ապա այդ շղթան չի մասնակցում հետագա տեղափոխություններին: Դժվար չէ համոզվել, որ նշված ալգորիթմի բարդությունը $O(n \lg n)$ է:

4. Շերտերի նշանակումը

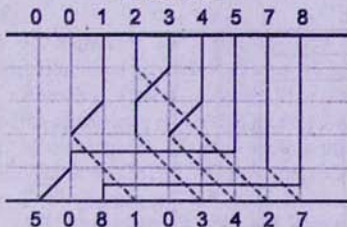
Ալգորիթմում շերտերի նշանակման խնդիրը լուծվում է հետևյալ կերպ. այն բոլոր շրջանները, որոնք շարժվում են դեպի աջ, ուղեգծվում են առաջին շերտում: Ալգորիթմում դրանք դեպի աջ միջանցիկ անցում կատարող և $+45^\circ$ -անկյան անցում կատարող բոլոր շրջաններն են: Իսկ դեպի ձախ միջանցիկ անցում և -45° -անկյան անցում կատարող բոլոր շրջանները ուղեգծվում են երկրորդ շերտում:

Շրջանների բոլոր ուղղահայաց հատվածները կարող են տարվել միացումների կամ առաջին, կամ երկրորդ շերտում, կախված նրանից թե մախապես, որ շերտն է տրամադրվում այդ հատվածների համար: Տվյալ դեպքում բոլոր շրջանների համար օգտագործվել է միացումների առաջին շերտը:

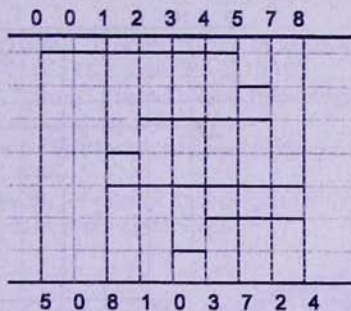
5. Արդյունքներ և համեմատություն

Դիտարկելով ուղեգծման մեր կողմից առաջարկված մոդելը և համեմատելով այն մանիքենյան մոդելի հայտնի ձախ ծայրակետի ալգորիթի հետ (Նկար 3), կարելի է նշել հետևյալ առավելությունները վերջինիս նկատմամբ.

- Այստեղ մենք չունենք ուղղահայաց սահմանափակումների խնդիր
- Լարերի երկարությունները ավելի փոքր են անկյումային (45°) լարերի շնորհիվ
- Ունենալով միմիմալ փոխծածկում՝ սպասվում է միացման անցքերի թվի փոքրացում



ա. Տեսակավորման մոդել



բ. Մանիքենյան մոդել.
ձախ կողմի ալգորիթմ

Նկար 3

Համեմատելով մոդելները՝ կատարենք հետևյալ եզրահանգումը. Ինչպես երևում է Նկար 2-ից, մոդելներից յուրաքանչյուրի համար կատարման արդյունքները հետևյալն են.

Կապուղու լայնություն (հորիզոնական մագիստրալների թիվ, trunks)

ա. Տեսակավորման մոդել – 4 ուղեգիծ, բ. Մանհեթենյան մոդել – 7 ուղեգիծ:

Միացման անցքերի քիվ (via holes)

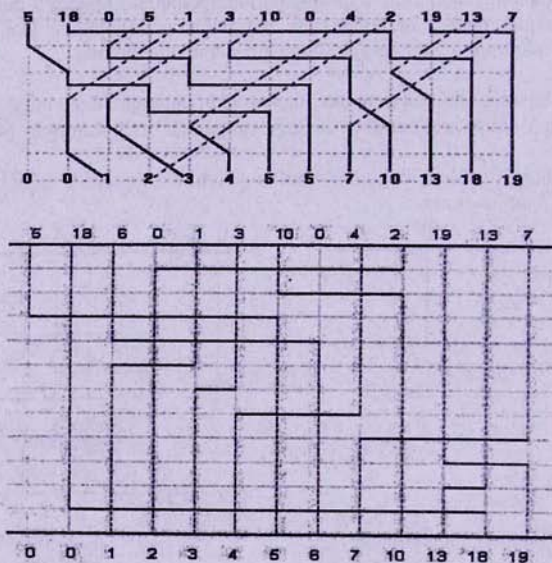
ա. Տեսակավորման մոդել – 5 անցք, բ. Մանհեթենյան մոդել – 14 անցք

Միացման լարերի ընդհանուր երկարություն (overall interconnection length) անկյունագծային լարերի երկարությունը մեկ վանդակի մեջ հավասար է $\sqrt{2}$ -ի

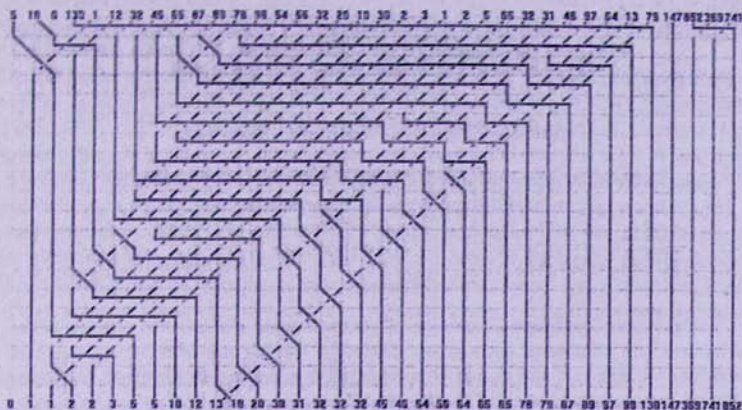
ա. Տեսակավորման մոդել – $31+16\sqrt{2}$ միավոր, բ. Մանհեթենյան մոդել – 78 միավոր

Լարերի ընդհանուր երկարությունը մեր մոդելում ավելի փոքր է՝ անկյունային (45° -անկյան) լարերի շնորհիվ:

Բերենք ալգորիթմի կիրառման և երկու օրինակ (Նկար 4, 5)



Նկար 4



Նկար 5.

Գրականություն

- [1] T. Ohtsuki, Layout design and verification, 1986
- [2] В.А. Селютин, Машинное конструирование электронных устройств. Москва, "Советское радио", 1977.
- [3] A. Frank. Disjoint paths in a rectilinear grid. In Combinatorica, 2(4), pages 361-371, 1982.
- [4] K. Mehlhorn, EP. Preparata, and M. Sarrafzadeh. Channel routing in knock-knee mode: simplified algorithms and proof, in Algorithmica, 1(2), pages 213-221, 1986.
- [5] Ronald L. Rivest, Charles M. Fiduccia, A "greedy" channel router, Proceedings of the 19th conference on Design automation, p.418-424, January 1982.
- [6] M. Sarrafzadeh. Channel-routing problem in the knock-knee mode is np-complete. In IEEE Trans. on CAD, CAD-6(4), pages 503-506, 1987.
- [7] T. Yoshimura and E.S. Kuh. Efficient algorithms for channel routing. In IEEE Trans. on CAD of Integrated Circuits and Systems, V. CAD.1, pages 25-35, 1982.

On New Algorithm for Channel Routing

Vardan A. Manukyan

Abstract

We present new channel routing algorithms that consider the characteristic of net crossings. The routing strategy is based on parallel bubble sorting technique. Non-Manhattan wires as well as overlapping wires are introduced. Preliminary results show that a class of channel routing problems can be routed in height less than the Manhattan density.