

최단경로를 이용한 PCB 자동 배선 시스템 설계

우경환* · 이 용희** · 임 태영*** · 이천희****

*우송공업대학 · **하이닉스 반도체 · ***한국전자통신연구원 ***청주대학교
전화 : 043-229-8448 / 핸드폰 : 019-415-8448

The Design of PCB Automatic Routing System using the Shortest Path

Woo, Kyong-Hwan* · Lee, Yong-Hui** · Lim, Tae-young*** ·
Yi, Cheon-Hee****

*Woosong Technical College · **Hynix Semiconductor · ***ETRI
****Chong Ju University

E-Mail : yicheon@chongju.ac.kr

Abstract

Routing region modeling methods for PCB auto-routing system in Shape based type(non-grid method) used region process type and the shape located in memory as a individual element, and this element consumed small memory due to unique data size. In this paper we design PCB(Printed Circuit Board) auto-routing system using the auction algorithm method that 1) Could be reached by solving the shortest path from single original point to various destination, and 2) Shaped based type without any memory dissipation with the best speed. Also, the auto-routing system developed by Visual C++ in Window environment, and can be used in IBM Pentium computer or in various individual PC system.

I. 서론

VLSI 기술의 급속한 발전으로 집적회로 설계 기술은 더욱더 복잡해지고 빠르게 되었고, 소형화, 다기능화가 이루어짐에 따라 PCB 설계의 복잡도가 증가하므로 설계 시간의 단축이 상당한 요인으로 등장하게 되었다.

PCB 설계 과정의 가장 중요한 자동 배치, 배선 알고리즘은 원시적인 방법에서부터 최신 CAD (Computer Aided Design)설계 기술을 활용하는 방법에

이르기까지 고속화되어 가는 추세이므로 현존하는 대부분의 배선 시스템은 한가지 방법에 대한 결점을 보완하기 위해 혼합-교환 그래프 알고리즘[1], Building Block 알고리즘[2], 유전자 알고리즘[3], 최단 경로를 산출하는 Auction 알고리즘[4]등과 같이 몇 가지 알고리즘에 의해 배선 시스템이 있으며, 본 논문에서는 Auction 알고리즘을 적용하였다.

PCB 설계에 있어서 가장 핵심적인 필요조건은, 부품 배치후 보드상에 제시되는 각 네트들을 전기적 오류 없이 물리적으로 각 요소들 사이에 최소 인접거리를 유지하도록 동박으로 연결시키는 자동 배선으로 PCB 배선의 문제는 크게 3가지로 볼 수 있다. 첫째, 배선영역(Routing Region)은 패턴이 통과할 수 있는 영역으로 매트릭스 형식의 메모리 맵 방식을 이용함으로써 어떤 특정한 수치로 나타낼 수 있다. 둘째, 금지영역(Forbidden Region)으로 배선시 장애물을 나타내는 것으로 금지영역의 증가는 배선영역이 그만큼 감소되므로 금지영역의 최적화는 배선효율을 높일 수 있다. 셋째, 배선요구(Routing Request)는 PCB 상의 배선을 수행하게될 네트 성분으로 이 네트들은 특정한 방식으로 순서화(Ordering)하여 배선을 수행한다.

배선영역을 모델링하는 방식으로는 그리드 방식과 shape based 방식이 있으며, 그리드 방식은 Maze 배선기와 선분의 전파를 이용한 선분 탐색 방식, 하이타워 배선기(Hightower router)[5]등으로 구분할 수 있다.

Shape based 배선 방식은 단위셀에 의한 영역 처리를 수행하지 않고 object based의 영역처리 방식을 적용한 패턴 배선기를 적용하므로 메모리 증가 문제를 해결할 수 있다. 따라서 본 논문에서는 위와 같은 설계규칙을

근간으로 하여 단일 원점에서 여러 목적지에 도달할 때 최단경로를 산출하는 auction 알고리즘을 네트들의 배선 요구를 받아들여 자동으로 그 경로를 찾아 자동 배선하는 shape based 방식에 적용하여 PCB 자동 배선 시스템을 설계하였다.

II. 최단 경로 Auction 알고리즘

Auction 알고리즘에서 각 개체를 할당하기 위해서는 반복적으로 실행하여야하며, 각 반복 시 상보성(CS)조건을 충족하여야하고, 개체 i 에 대한 대상 j 의 가치는 $a_{ij} - p_j$ 이며, 상보성 조건은 다음과 같다.

$$a_{ij} - p_j = \max_{j \in A(i)} (a_{ij} - p_j) \quad (1)$$

Auction 알고리즘의 의사 다항식 항목에 확장 단계와 축소 단계는 Pallottino와 Scutella[6]가 제의하였다.

Auction 알고리즘은 단일 원점/모든 목적지의 최단 경로 문제에 대해 우수한 수행 결과를 가지고 있기 때문에, 최단 경로 문제에 auction 알고리즘을 이용하는 필요성은 PCB 회로 설계시 실행 가능한 범위 내에서 최단 경로를 계산하므로 전체 선 경로 최소화에 의한 시스템 성능 향상과 비용을 최소화할 수 있는 장점이 있다.

II-1. Auction 알고리즘의 축소 확장에 의한 전형적 반복/최단경로 알고리즘

최단 경로에 대한 auction 알고리즘은 항상 단순한 경로 $p=(1, i_1, i_2, \dots, i_k)$ 를 유지한다. 만일 i_{k+1} 은 경로 $P=(1, i_1, i_2, \dots, i_k)$ 에 속하지 않는 노드이고, (i_k, i_{k+1}) 은 원호이다. i_{k+1} 에 의하여 P 의 확장은 경로 $(1, i_1, i_2, \dots, i_k, i_{k+1})$ 에 의한 P 를 대체하는 것을 의미하며, i_{k+1} 에 의한 P 의 확장이라고 부른다. 만일 P 가 원점 노드만을 구성하지 않는다면, P 를 축소하는 것은 경로 $(1, i_1, i_2, \dots, i_{k-1})$ 에 의하여 P 를 대체하는 것을 의미한다.

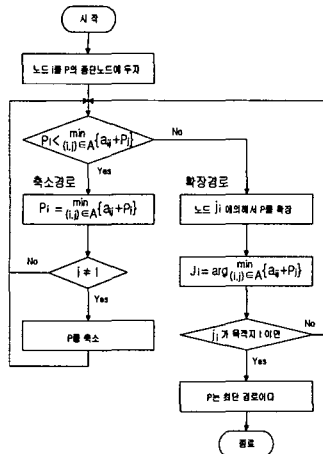


그림 1 : 최단경로 Auction 알고리즘

i 를 P 의 종단 노드에 둘 때 auction 알고리즘은 그림 1과 같다.

II-2. 최단경로 Auction 알고리즘의 수행 결과

알고리즘의 수행방법은 단일원점과 다중 목적지의 선택된 세트에 대한 문제점을 해결하고 벤치마크 테스트 기법을 적용하여 노드의 수 N 과 호의 수 A 를 변화하면서 수행하였다. 실험에서는 노드의 수를 1000에서 시작하여 1000씩 증가시키고 7000개로 제한하였으며, 호의 수는 동일한 노드의 수에 10배씩 증가시켜 사용하였고 목적지는 1개, 2개, 3개로 제한하여 실험하였다.

실험에 사용한 알고리즘은 개선된 최단경로 auction 알고리즘(Y-AU)과 기존 auction 알고리즘(O-AU), 일반적인 최단경로 알고리즘인 SHEAP (G-SH)알고리즘을 비교 분석하였으며, 최단경로 알고리즘의 수행결과를 그림 2에 나타내었다.

실험결과 목적지가 1개일 경우에는 Y-AU는 O-AU보다 32.7%의 성능향상과 O-AU는 G-SH보다 40.0%의 성능향상을 보였다. 목적지가 2개일 경우에는 Y-AU는 O-AU보다 31.5%의 성능향상과 O-AU는 G-SH보다 39.0%의 성능향상을 보였으며, 목적지가 3개일 경우에는 Y-AU는 O-AU보다 33.5%의 성능향상과 O-AU는 G-SH보다 39.4%의 성능향상을 보였다. 또한 노드수가 4000개일 경우에 두드러지게 다른 경우보다 성능이 좋은 것으로 나타났다.

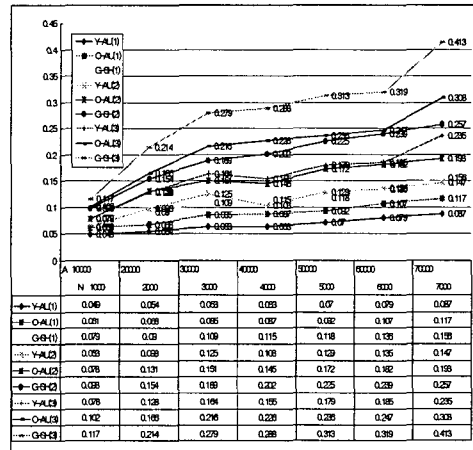


그림 2 1개, 2개, 3개 목적지를 가진 경우의 수행결과

III. PCB 자동 배선 설계

PCB 자동 배치/배선 설계 시스템을 구축하기 위해 단일 원점에서 다중 목적지의 최단경로를 산출하는 Auction

최단경로를 이용한 PCB 자동 배선 시스템 설계

알고리즘 및 Shape based line search routing 알고리즘과 Shape based re-routing 기법을 적용하여 자동 배선 시스템을 설계하였다.

PCB 배선 방법은 그리드 방식과 논-그리드 방식인 shape based 배선 방식이 있다. Lee 알고리즘 또는 Maze 알고리즘을 적용하여 배선하는 그리드 방식은 메모리가 많이 소모되어 배선시간이 늦다는 문제점 때문에 본 논문에서는 Shape based routing 방식을 적용하였다.

Shape based 방식은 어떠한 객체를 그 형태 자체로 인식하여 계산하는 방식으로 PCB에서는 Round, Rectangle, Line, Polyline, Board Outline와 같은 shape들이 놓이게 된다. 이러한 객체들은 각각의 위치정보, 두께 및 전기적인 특성 정보, 레이어 정보를 포함한다. Shape based 방식에 의한 PCB 자동 배선 과정은 그림 3과 같다.

Shape based의 모델링은 객체들을 shape라는 구조로 처리하기 위해 배선에 필요한 shape를 장애물 shape와 routing shape 2가지로 크게 나누어 실행하며, 그림 4와 같이 S1과 S2의 장애물 shape와 R의 routing shape로 나타낼 수 있다.

L1이 S1과 R간의 최단거리, L2는 S2와 R간의 최단거리라 할 경우 R shape가 배선에 수용될 수 있는지는 L1과 L2의 거리가 배선 규칙에 맞는지를 검사하면 된다.

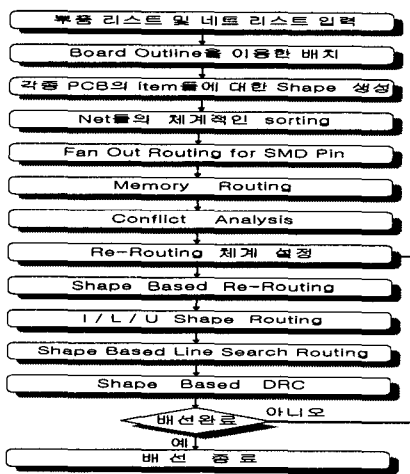


그림 3 자동 배선 과정



그림 4 Shape based 모델링 방법

두 shape간의 배선 규칙을 Dr이라 할 때 배선을 수용

하기 위해서는 다음 조건을 만족해야한다. $L1 \geq Dr$ AND $L2 \geq Dr$

두 개의 shape가 배선 규칙에 위반되는지를 검사하기 위해 두 사각형의 최단거리를 구하지 않고 그림 5에서와 같이 R영역을 Dr만큼 확장하여 Sr 영역을 생성함으로써 이 영역이 S영역과 overlapping 되지 않으면 S와 R 영역간의 최단거리가 Dr보다 큰 값을 갖는다.

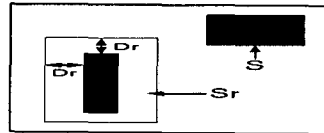


그림 5 Shape based 배선규칙 검사 방법

패턴 생성은 가장 기본적인 패턴인 I, L, U 패턴 이외에 이들을 조합하여 I+L+L+I, I+L+L+U+L+I방법으로 빠르게 배선을 수행할 수 있도록 shape들을 생성하도록 구현하였다. 이와 같은 shape based 배선기의 전체적인 처리과정은 그림 6과 같다.

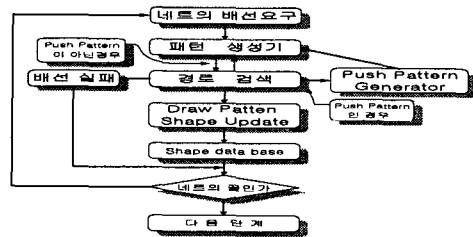


그림 6 Shape based 패턴 라우터 흐름도

IV. 실험 및 고찰

본 논문에서 구현한 PCB 자동 배선 시스템은 IBM-PC pentium 컴퓨터에서 Windows 환경하의 Visual C++언어를 이용하여 개발하였으며, 본 시스템의 Placement Tool과 Autorouter Tool의 상호 동작 구조는 그림 7과 같으며, 전체적인 시스템 구성도는 그림 8과 같다.

네트수가 200개인 PCB 자동 배선 최종 실행 결과는 그림 9에 나타내었다

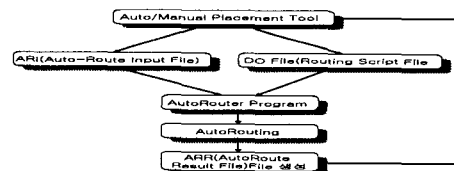


그림 7 자동배선/배치 시스템 상호동작 구조

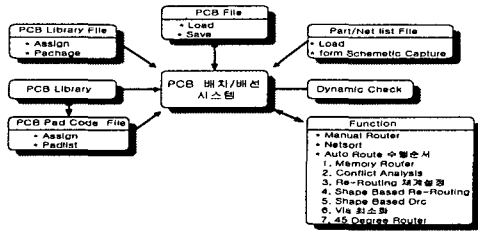


그림 8 PCB 배선기 시스템 구성도

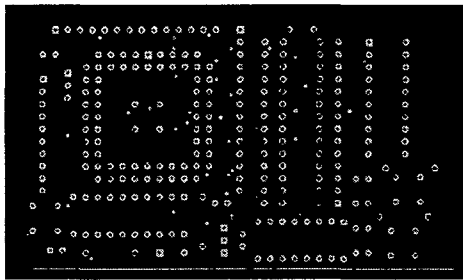


그림 9 넷 수 200개인 PCB 라우팅 최종결과

V. 결 론

본 논문에서는 PCB 설계시 종전 알고리즘을 적용하여 구현한 방법들에서 제기되는 문제점인 배선 영역에서 많은 메모리 사용으로 인한 메모리 낭비와 배선 속도를 개선하기 위하여 단일 원점에서 여러 목적지에 도달할 때 최단경로를 산출하는 Auction 알고리즘을 넷들의 배선요구를 받아들여 자동으로 그 경로를 찾아 자동 배선하는 shape based 방식에 적용하여 PCB 자동 배선 시스템을 개발하여 PCB성능을 향상시켰다.

따라서 본 논문에서 구현한 자동 배선 시스템은 최단 경로를 산출하는 Auction 알고리즘을 Shape based 방식에 적용하여 구현하였기 때문에 PCB 배선 경로 탐색을 위한 배선 메모리 영역이 감소되는 것을 알 수 있었고, 그에 따른 배선 속도와 설계 비용이 동시에 감소됨을 알 수 있었다.

앞으로의 연구과제는 Shape 검색 속도를 빠르게 할 수 있는 알고리즘 개발과 긴 배선에 대처할 수 있는 DB를 구축하여 PC 상에서도 강력하게 사용할 수 있는 super 자동 배선/배치기 시스템을 구현하는데 있다.

참 고 문 헌

[1] D. Hoey, C. E. Leiserson, "A layout for the shuffle-exchange network," Proc. of the 13th Annual ACM Sym. on the Theory of Computing,

1981, pp. 334-341.

[2] E. Berkean and E. Kinnen, "IC layout planning and placement by dimensional relaxation" IEEE Int Conference on Computer Design, 1985, pp. 449-451.

[3] John H. Holland, Adaptation in Natural and Artificial Systems, The University of Michigan, 1992.

[4]. Bertsekas, D. P., "A The Auction Algorithm for Shortest Paths," SIAM H. on Optimization, Vol. 1, 1991, pp. 425-447

[5]. Hightower, David, "The interconnect Problem: A Tutorial", Proceedings of the Design Automation Workshop, IEEE, 1973, pp. 1-21.

[6]. Pallottino, S., and Scutella', M. G. "Strongly polynomial Algorithms for Shortest Paths," Dipartimento di Informatica Report TR-19/91, University of Pisa, Italy, 1991.