해사산업연구소논문집 제14권, pp. 47~52, 2003 (ISSN 1598-6608)
Journal of the Research Institute of Maritime Industry

반도체 공정에 이용되는 지능형 천장 반송 시스템의 최적 중앙제어

김학선† · 오진석*

Optimal Central Control of OHT(Overhead Hoist Transport) in Semiconductor Processing

Hak Sun Kim · Jin Seok Oh

Abstract : There is an Overhead Hoist Transport(OHT) by the system for delivering the wafer in semiconductor processing. The transfer system consists of carrier, vehicle, rail and support. OHT Control and Management System(OHTCMS) has to take the feature such as the optimal control and integration with serval OHTs. In this paper, Efficiency of Shortest - Route Algorithms(ESRA) is proposed, which can be transported optimal route and be prevented collision using the Floyd-Warshall algorithms. The proposed algorithm is verified through consecutive simulation for a long time.

Key words : Overhead Hoist(천장반송시스템), Semiconductor processing(반도체공정), Optimum central control(최적중앙제어), Optimal flow path(최적경로선정)

1. 서 론

반도체 산업은 전체 수출의 14.1%('99년), 15%('00년)을 차지할 정도로 비중이 높다. 하지만 반도체 산업 관련 제조장비의 국산화율은 약 11.7%로 매우 저조한 편이다. 특히, 반도체 제조 시스템을 구성하는 장치 중 핵심이라 할 수 있는 지능형 물류 시스템은 미국, 일본 등에서 전량 수입에 의존하고 있는 실정이다. 하지만 국내 반도체 생산 업계는 관련 산업이 상당히 기술 집약적이고, 고 부가가치를 창출할 수 있는 산업이기에 생산 설비 및 생산 방법에 관한 노-하우가 외부로 노출되는 것을 상당히 꺼려하는 특성을 지니고 있으므로, 각 학계 및 업계의 연구 기관에서는 관련 제조장치 및 반송장치의 국산화 연구 개발이 활발히 진행되고 있다.

OHT(Overhead Hoist Transport)는 대단위 웨이퍼 생산 공장의 천장에 설치된 레일(rail)을 주행하며 웨이퍼(wafer)를 운송하는 구동개체이며 OHT에 반송명령을 지령하는 명령개체인 OCS (OHT Control System)에 의해서 최적으로 통합 제어 관리 된다. OCS는 공정 전체를 관리하는 시스템인 MCS(Manufacturing Control System)로부터 지령된 반송정보를 기반으로 반송을 수행하기에 최적의 위치에 있는 OHT를 선정하고 선정된 OHT로 하여금 최단거리를 통하여 반송을 수행하고, 반송 중에 OHT 상호간에 충돌을 회피하며 반송을 수행할 수 있도록 한다. 본 논문에서는 대단위 웨이퍼(wafer) 생산 공장에 투입될 대다수

† 책임저자(한국해양대학교 대학원 기관시스템공학과), E-mail : khs9038@hanmail.net
* 한국해양대학교 선박전자기계공학부

의 OHT를 통합적으로 최적 제어관리 하는 OCS에 탑재될 최적경로 선정 알고리즘과 반송작업을 수행중인 OHT 상호간에 충돌을 회피할 수 있는 해법을 제시하였다. 제안된 알고리즘 및 충돌 회피 해법은 시뮬레이션을 수행함으로써 타당성을 검증하였다.

2. 최적 중앙제어

2.1 웨이퍼 생산 공정

300mm 대구경 웨이퍼(wafer) 생산 공정의 모든 관련 설비들이 갖추어야 할 운전 조건 및 특성은 SEMI(세계반도체장비협회)에서 규격화하여 규정하고 있다. 웨이퍼(wafer)에 관련된 모든 제조 공정은 클린룸(clean room)에서 진행되며 각 장치간의 인터페이스 및 통신 방식 등은 SEMI 규격에서 규정하고 있다.

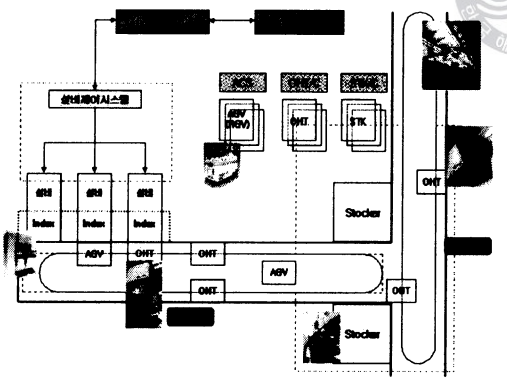

Fig. 1 Drawing of 300mm wafer manufacturing process

Fig. 1은 300mm 대구경 웨이퍼(wafer) 생산 공정의 차세대 지능형 물류 시스템을 도시화한 것이다. 전체 생산현장의 공정을 통합 관리하는 MCS (Manufacturing Control System)는 목표한 생산량을 달성하기 위하여 각 제조장치 및 물류시스템을 통합적으로 관리한다. 웨이퍼(wafer) 제조 장치를 통합 관리하는 MES(Material Executionl System)는 모든 웨이퍼(wafer) 제조 작업장에 작업 명령을 지령하고 작업 상황을 모니터링한다. 또한 작업명령의 지령 및 작업완료 상황을 상위 그룹인 MCS에 보고하며 보고를 받은 MCS는 다음 제조 작업을 위해 작업이 완료된 웨이퍼(wafer)의 공정간 이동 또는 장치간 이동을 해당 물류 이송 시스템에 지령한다. AGV(Automated Guided Vehicle)를 통합 제어관리 하는 ACS (AGV Control System)는 웨이퍼(wafer) 제조 공정중에 물류를 적재·관리하는 자동창고 역할을 담당하는 각 스토커(stocker)간의 웨이퍼(wafer) 이송을 위해 AGV의 이송작업을 스케쥴링 (Scheduling)하여 각 AGV에 이송 명령을 지령한다. ACS로부터 이송 명령을 받은 AGV는 명령받은 이송 경로를 통하여 각 스토커 간에 이송 작업을 수행한다. AGV에 의해서 스토커(stocker)로 이송되어 적재된 웨이퍼(wafer)는 SCS에 의해서 공정 로트(lot)별로 통합 관리된다. MCS는 스토커에 적재된 웨이퍼(wafer)의 공정간 이송 및 장치간 이송을 OCS에 지령한다. OCS는 MCS로부터 이송 명령을 받은 해당 공정 및 작업장치로의 이송 명령을 OHT에 지령한다. OCS로부터 이송 명령을 받은 OHT는 해당 공정 및 작업장에서 요청된 이송작업을 수행한다.

2.2 최적 이송경로 선정 알고리즘

현재 전 세계적인 반도체 생산 공정의 동향은 제조 시간의 단축이다. 따라서 천장에 설치된 레일(rail)을 주행하며 웨이퍼(wafer)를 이송하는 OHT 또한 이송시간을 최대한 단축 할 수 있는 경로로 운행되어야 한다.

OCS는 MCS로부터 지령 받은 이송정보를 토대로 최적의 이송경로를 스케쥴링(scheduling)하여 OHT에 이송 명령을 지령한다. 이때, 효율적이고 합리적인 이송 명령을 지령하기 위해서 OCS는 다음과 같은 기능을 갖추어야 한다.

- 이송 작업을 수행하기에 최적의 위치에 있는 OHT 선정
- 최단거리 기반의 최적경로 선택
- 레일의 맵(Map) 구조에 유연한 알고리즘

- 최적의 작업수행을 위한 작업관리 및 OHT 이송명령 할당
- OHT들 간의 충돌방지

2.3 Floyd-Warshall 알고리즘[1]-[3]

본 논문에서는 OHT가 최단거리 기반의 최적의 이송경로를 통하여 이송 작업을 수행하기 위해 OCS에 반드시 탑재되어야 하는 최적 이송경로 탐색 알고리즘으로 Floyd-Warshall 알고리즘을 채택하였다.

Floyd -Warshall 알고리즘을 수행한 결과로 2개의 행렬이 제공되는데 첫 번째 행렬에는 해당 지점까지 도달하는데 걸리는 가장 짧은 길이가 각 정점 대 정점별로 저장되어 있고, 두 번째 행렬에는 현재 정점에서 목표 정점까지 도달하기 위해 인접 정점중 어디로 가야 하는지를 정의해 주는 정점 일련번호가 저장되어 있다. 만약 현재 정점에서 목표 정점까지 도달할 수 있는 경로가 없을 경우 첫 번째 행렬의 해당 경로 길이가 무한대 값이 된다. 하지만 실제 프로그램에서는 무한대의 표현이 불가능하다. 따라서 본 논문에서는 최대 경로 길이 보다 긴 특정 값을 무한대 값으로 설정하여 프로그래밍 한다. 고로 특정 경로 요구에 대해 해당 경로가 존재하는지의 여부를 추가되는 연산 없이 곧바로 확인할 수 있다. Floyd -Warshall 알고리즘은 N개의 정점이 있다고 가정할 때 N(N-1)(N-2)회의 덧셈과 비교 연산이 요구되며 최단경로 선정 절차는 다음과 같다.

$\pi_{ij}^{(m)}$=교점 i에서 j까지의 최대 m개의 호를 사용한 최단 경로의 길이라 정의하고,

$P_{ij}(0)$=교점 i에서 j까지의 최대 m개의 호를 사용한 최단 경로에서 최초 중간 교점이라 정의한다.

1단계 : 초기화.

$\pi^{(0)}$ [d_{ij}] (d_{ij}=0, if, 호 (i,j)가 없으면 dij=∞)

$P^{(0)}$ ←··· [j]

m ←··· 0

2단계 : $\pi^{(m-1)}$ 에서 행 m과 열 m을 표시함.

m ←··· m+1

$\pi(m-1)$에서 행 m과 열 m을 표시함.

3단계 : $\pi(m)$을 계산함, 즉 표시된 행과 열을 사용하여 삼각연산을 수행함.

표시된 행 m과 열 m 이외의 모든 원소 $\pi_{ij}^{(m-1)}(i \neq j \neq m)$을 행 m과 열 m의 원소의 합인 $\pi_{im}^{(m-1)} + \pi_{mj}^{(m-1)}$과 비교하여, 후자가 작으면 $\pi_{ij}^{(m-1)}$을 $\pi_{im}^{(m-1)} + \pi_{mj}^{(m-1)}$로 수정하고 $P_{ij}^{(m-1)}$을 $Pim^{(m-1)}$로 수정함.

m=N이면 단계 4로 감, 그렇지 않으면 단계 1로 감.

4단계 : 끝냄

2.4 경로에서의 알고리즘 수행

다음의 Fig. 2와 같이 형성된 경로에서 최단거리를 탐색하는 알고리즘의 수행 절차는 다음과 같다.

단계 1: 초기화

단계 2: $\pi^{(m-1)}$ 에서 행 m과 열 m을 표시함.

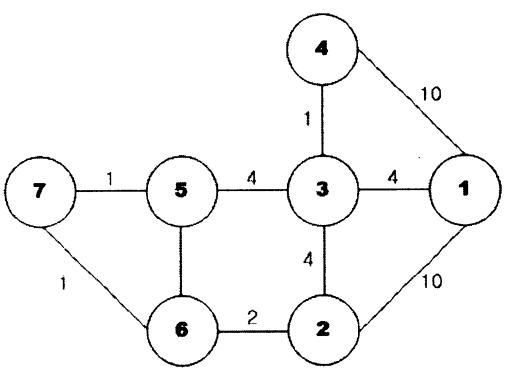

Fig. 2 Drawing of flow path

Table 1 Create of distance matrix $\pi^{(0)}$(m=0)

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	10	4	10	∞	∞	∞
2	10	0	2	∞	∞	2	∞
3	4	2	0	1	4	∞	∞
4	10	∞	1	0	∞	∞	∞
5	∞	∞	4	∞	0	2	1
6	∞	2	∞	∞	2	0	1
7	∞	∞	∞	∞	1	1	0

Table 2 Create of path matrix $P^{(0)}$(m=0)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	2	3	4	∞	∞	∞
2	1	2	3	∞	∞	6	∞
3	1	2	3	4	5	∞	∞
4	1	∞	3	4	∞	∞	∞
5	∞	∞	3	∞	5	6	7
6	∞	2	∞	∞	5	6	7
7	∞	∞	∞	∞	5	6	7

Table 3 Create of distance matrix $\pi^{(7)}$(m=7)

	1	2	3	4	5	6	7
1	0	6	4	5	8	8	9
2	6	0	2	3	4	2	3
3	4	2	0	1	4	4	5
4	5	3	1	0	5	5	6
5	8	8	4	5	0	2	1
6	8	2	4	5	2	0	1
7	9	3	5	6	1	1	0

다음의 Table 1과 같이 거리행렬 $\pi^{(0)}$을 생성하고 Table 2와 같이 경로행렬 $P^{(0)}$를 생성한다.
단계 3: 삼각 연산을 수행하여 각 행렬 상에서 업-데이트(up-date)된 사항을 수정하고 m=7이 될 때까지 반복연산을 수행하여 다음의 Table. 3, 4와 같은 최종 결과 값을 도출한다.

Table 4 Create of path matrix $P^{(7)}$(m=7)

	1	2	3	4	5	6	7
1	1	3	3	3	3	3	3
2	3	2	3	3	6	6	6
3	1	2	3	4	5	2	5
4	3	3	3	4	3	3	3
5	3	6	3	3	5	6	7
6	2	2	2	2	5	6	7
7	5	6	5	5	5	6	7

3. 충돌 방지

3.1 충돌방지 해법

실제 반도체 생산 공정에 투입되어 물류 이송을 수행하는 OHT는 수십에서 수백대에 이른다. 따라서 본 논문에서 제시한 최적경로 선정 알고리즘만을 단독으로 OCS에 탑재하여 운용한다면 충돌사고를 피하지 못할 것이다. 따라서 선정된 최적경로와 충돌방지 로직(Logic)을 동시에 고려하여야 한다. 이송작업 중인 OHT가 상호간에 충돌 할 수 있는 경우는 Case[1]과 Case[2]의 경우이며 이를 도시화 하면 다음의 Fig. 3과 같다.

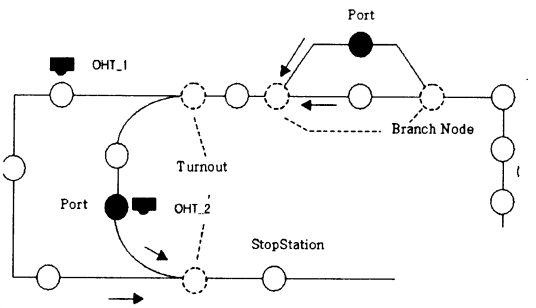

Fig. 3 Drawing of OHT Collision

여기서, OHT간에 충돌이 발생할 수 있는 경우인 Case [1]은 현재 스케줄링(scheduling) 중인 OHT의 이동해야 할 노드가 Turnout 노드이며 동시에 두 대 이상의 OHT가 동시에 진입할 수 있는 노드인 경우이며 Case [2]는 현재 스케줄링(scheduling) 중인 OHT의 현재 노드위치가 진입점이 두 개 이상이어서 두 대 이상의 OHT가 동시에 진입할 수 있는 노드인 경우이다.

본 논문에서는 이송작업중인 OHT 상호간에 충돌이 발생할 수 있는 각각의 경우에 대해 다음과 같은 해법을 제시하며 이를 도시화하면 Fig. 4와 같다.

충돌방지 해법은 Case [1]의 경우 다른 OHT와의 충돌을 방지하기 위해 그 Turnout 노드 앞까지만 이동 시킨다.

Case [2]의 경우 현재 이동하려는 노드가 예약되어 있지 않으면 현재 스케줄링(scheduling) 중인 OHT이 그 노드를 예약하고 이동한 후 그 노드를 지날 때 릴리즈(release) 한다.

현재 이동하려는 노드가 다른 OHT에 의해서 예약되어 있으면 일정시간 만큼 대기한 후 다시

이동 경로에 대한 목적지 노드를 스케줄링 (scheduling) 한다.

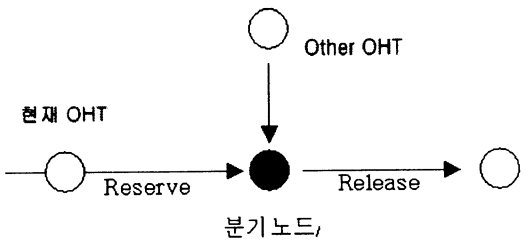

Fig. 4 Drawing of OHT collision prevention

4. 소프트웨어 상에서의 구현

본 논문에서 제시한 최적경로 선정 알고리즘의 구현은 Pentium Ⅳ급 PC상에서 Visual C++ 6.0을 사용하여 프로그래밍 한다. 본 알고리즘을 구현함으로써 제안된 알고리즘을 시뮬레이션할 수 있으며 이와 같은 시뮬레이션을 수행함으로써 제안된 알고리즘의 성능을 평가하고 타당성 또한 검증한다. 본 알고리즘은 제시한 충돌방지 해법과 연동하도록 구현하였다.

5. 시뮬레이션 결과

본 논문에서는 다음의 Fig. 5와 같이 OHT 최적 중앙제어 시뮬레이터를 소프트웨어 상에서 구현하였다.

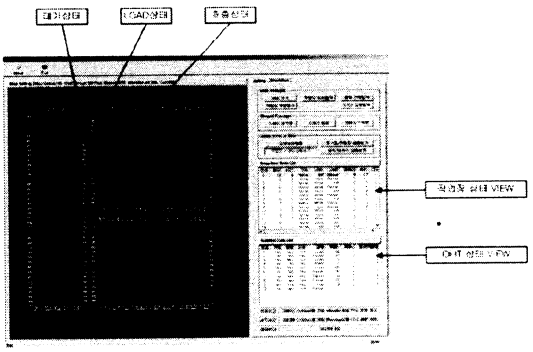

Fig. 5 Window of simulation

본 시뮬레이션은 300시간 이상 연속적으로 수행되었다. 본 시뮬레이터는 본 논문에서 제시한 알고리즘 및 충돌방지 시스템이 탑재되었으며 다음의 Table. 5와 같은 조건을 설정하여 시뮬레이션을 수행함으로써 제안된 알고리즘의 타당성을 검증하였다.

Table 5 OHT system scope and OHT specification

OHT 시스템 규모	작업공간	100(L)×100(H) [m]
	작업장소	14개소
	운 반 물	300mm 웨이퍼(wafer) 이송용 폽(foup)
	직선경로	226개
	분 기 점	3개
	OHT 수	14대
	작업장 공급	무한공급
	작업 호출 간격	1초
OHT 사양	크 기	0.7*1.2
	주행속도	1 [m/s]
	곡률반경	0.5m [m]
	작업시간	1초(시뮬레이션을 위한 설정시간)

6. 결 론

시뮬레이션을 수행한 결과 제안된 알고리즘에 의해 OHT가 최적의 경로로 주행하며 물류 이송 작업을 수행함을 관찰할 수 있었으며 작업 수행 중에 OHT 상호간에 충돌이나 분기점에서의 교통 장애가 전혀 발생되지 않았으며 각 작업장 별로 이송하여야 할 물류가 적체되지 않음을 확인할 수 있었다. 시뮬레이션을 수행하여 이와 같은 결과를 도출함으로써 본 논문에서 OCS에 탑재 제안한 알고리즘이 타당함을 검증 하였으며 결과를 요약하면 다음과 같다.

1) OHT가 최적 경로를 경유하여 물류를 이송하기 위한 제안된 알고리즘을 소프트웨어적으로 구현하여 시뮬레이션을 수행한 결과, 만족스러운 결과를 얻었다.

2) OHT가 알고리즘에 의해서 계산된 최적 경

로를 주행할 때 발생할 수 있는 충돌 및 분기점에서의 정체 현상을 방지하기 위한 로직(logic)을 설계하였으며 소프트웨어적으로 이를 구현하였으며 제안된 알고리즘과 연동하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그 결과, 만족스러운 결과를 도출할 수 있었다.

참고문헌

[1] T. Yamashita, "Start of Automous Mobile Robots" Operation in Clean Room", IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robotics and Systems pp512-519, 1989.

[2] O. Causse and J. L. Crowley, " Navigation with Constrains for an Autonomous Mobile Robot", Proc. of the 1994 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 1899-1905, 1994.

[3] R.W. Hall, "The Fastest Path through a Network with Random Time-dependent Travel Times", Transportation Science, Vol. 20. No. 3, 1986.

[4] A.K. Ziliaskopoulos, H.S Mashmassani, " A Time-dependent Shortest Path Algorithm for Real-time Intelligent Vehicle/Highway Systems Applications", TRB, 1993.8.