

CLV를 활용한 혼합할당 규칙 개발

- Development of Composite Dispatching Rule Using CLV-

양광모 *

Yang Kwang-Mo *

최성희 **

Choi, Sung-Hee **

박재현 ***

Park Jae Hyun ***

강경식 ****

Kang Kyong Sik ****

Abstract

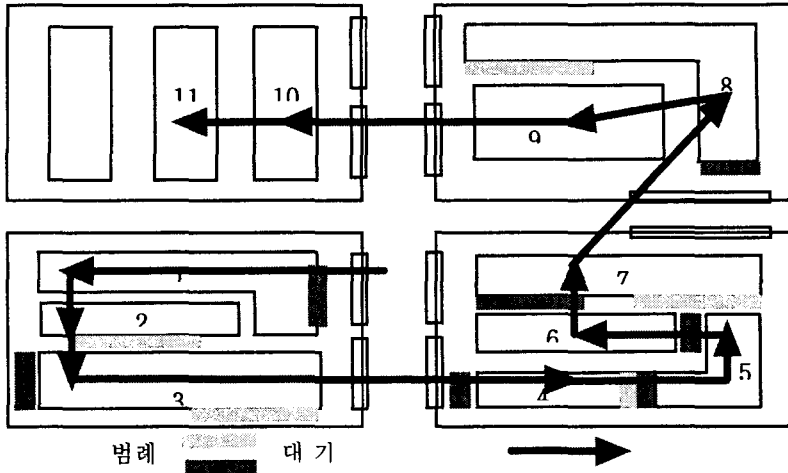
본 연구에서는 반도체 업체인 M사의 공정을 조사하고 현재 M사의 일정계획 순서와 기존에 연구되었던 일정계획 방법에 대한 결과를 조사한 후 CLV 알고리즘을 적용한 일정계획 기법을 시뮬레이션을 통해 비교 분석하고 알고리즘에 대한 타당성을 검증하고자 한다. CLV 알고리즘을 통한 고객 분류에 의해서 ATP rule을 적용한다면 생산 공정상의 일정계획이 조정되어 고객이 원하는 납기 준수를 달성할 수 있을 것이다. 또한 기존 연구와의 비교 분석을 위하여 시뮬레이션의 수행은 기존 연구 수행일과 동일한 시간(2003년 11월~12월)을 기준으로 수행하였다.

1. M사의 현황

M사는 [그림 1]과 같은 조립공정 모듈라인을 가지는 모듈 생산 시스템 반도체 제조업체이며, M사의 실자료를 통한 시뮬레이션의 가정은 다음과 같다.

- ① 반도체 공정 특성상 조립공정은 웨이퍼를 원자재로 취급하여 영업오더에 따라 원자재 결품 없이 공정에 투입된다고 가정된다.
- ② 공정 중 발생하는 재고(WIP)는 작업지연 및 설비고장에 의해 발생되고 있으나 많은 동일 작업기계의 배치로 실제 재공재고 (WIP)는 없는 것으로 가정한다.

* 명지대학교 산업시스템공학부 박사과정
 ** 명지대학교 산업시스템공학부 석사과정
 *** 서일대학 산업시스템경영과 겸임교수
 **** 명지대학교 산업시스템공학부 교수



[그림 1] M사 조립공정 모듈라인 현황

2. M사의 현행(FCFS) 공정 수행 방법

(1)절에서의 공정 기본 정보를 바탕으로 영업부 의사결정에 따른 1 일치의 생산오더는 <표 1>과 같고 이 오더의 순서가 현재 M사의 일정계획 순서가 된다. 즉 FCFS 방법에 의해서 일정 계획이 이루어지고 있다.

<표 1> M사의 현행 생산 오더 순서

order_number	quantity	due_date
TFD16-01-01	100,000	2003/11/30 00:00:00
TFD256-04-02	20,000	2003/12/15 00:00:00
TFD128-03-03	80,000	2003/11/20 00:00:00
TFD128-03-04	60,000	2003/12/10 00:00:00
TFD16-01-05	15,000	2003/11/15 00:00:00
TFD256-04-06	250,000	2003/12/30 00:00:00
TFD64-02-07	10,000	2003/11/15 00:00:00
TFD64-02-08	40,000	2003/11/20 00:00:00
TFD16-01-09	20,000	2003/12/05 00:00:00
TFD64-02-10	70,000	2003/12/15 00:00:00
TFD128-03-11	50,000	2003/11/20 00:00:00
TFD256-04-12	60,000	2003/11/15 00:00:00
TFD16-01-13	100,000	2003/12/15 00:00:00
TFD128-03-14	200,000	2003/12/20 00:00:00
TFD64-02-15	120,000	2003/11/30 00:00:00

M사의 반도체 공정 일정 수행 결과에 따른 각각의 통계 데이터는 <표 4.2>에 나타났다. <표 2>에서 보이듯 영업부에서 요구하는 오더 순서로 작업을 수행하였을 경우 평균 지연시간은 15.77일, 리드타임이 23.48일과 258.27시간의 셋업타임이 걸리며 총 15개의 오더 중 9개가 남

기지연이 되고 있다.

<표 2> M사의 현행 공정 수행에 관한 통계 결과

성 과 지 표	결 과
총 생산시간 (Total production time)	23.47일
총 준비시간 (Total setup time)	258.27시간
납기가 지연된 작업의 수 (the number of tardy jobs)	9
평균 납기지연도 (Average tardiness)	15.77일

3. 기존 연구방법에 의한 시뮬레이션

송관배[11]는 M사의 반도체 공정의 효율적인 운영을 위하여 M사의 현행시스템과 EDD(Earliest Due Date), SPT(Shortest Process Time)을 비교하였으며, 가중 혼합 할당 규칙인 EDD- SPT를 개발하여 비교하였다. M사의 현행 방법과 최소납기를 중심으로 한 EDD, 최소 공정 수행시간을 중심으로 한 SPT, 연구를 수행한 가중 혼합 할당규칙인 EDD-SPT의 할당의 우선순위를 비교하면 <표 3>과 같다.

<표 3> 기존 연구에 대한 일정계획 우선순위

할당규칙	할당 오더 순서
FCFS	1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11-12-13-14-15
EDD	5-12-7-3-11-8-1-15-9-4-13-2-10-14-6
SPT	5-7-9-2-8-11-4-12-1-13-10-3-15-14-6
EDD-SPT	5-13-9-2-4-14-1-12-3-8-11-6-10-15-7

결정된 순서에 따라 동일한 방법과 조건으로 시뮬레이션한 결과치를 성과지표에 따라 정리하면 다음<표 4>와 같다.

<표 4> 수행된 연구의 공정 수행에 관한 통계 결과

성과지표	현 행	이 론		기존 연구
	FCFS	EDD	SPT	EDD-SPT
총 생산시간	23.47일	18.17일	12.81일	12.20일
총 준비시간	258.27시간	316.35시간	289.10시간	290.85시간
납기 지연 작업	9작업	6작업	3작업	3작업
평균 납기 지연도	15.77일	8.23일	7.77일	6.61일

연구 결과에 따른 납기 부분을 다시 정리하면 지연되는 납기의 수는 현행의 경우는 9개의 작업이 지연이 되고 있으며, EDD의 경우에는 6개의 작업, SPT, EDD-SPT의 경우에는 3개의 작업이 지연되고 있다. 또한 평균 납기 지연일은 현행 작업이 15.77일이 걸리고 있으며, EDD-SPT 방법에서는 6.61일이 걸리고 있다.

4. EDD-CLV 가중 혼합 할당 규칙에 의한 시뮬레이션

앞 절에서 M사의 현행 공정 수행방법과 기존에 연구되었던 방법에 의한 시뮬레이션 결과를 살펴보았다. 그러나 지금까지 제시된 할당 규칙으로서는 불규칙한 고객주문과 많은 공정 변경에 대해 대처는 할 수 있지만 우량고객의 충성도에 대한 대응은 물론 아직까지도 납기 준수에 관한 문제에서는 문제점을 나타내고 있다. 또한 현 상황은 이익에 대한 일관적인 공정작업을 하고 있기 때문에 1일 주문잔고를 가지고 이익이 가장 많은 순서로 오더를 발생시키고 있다. 따라서 본 연구에서는 M사에서 고객 만족에 대한 문제점으로 지적된 납기에 대한 패널티(Penalty)를 최소 납기(EDD)의 가중치로 적용하고 고객 가치에 대한 우선순위를 고객 생애가치에 따른 할당 규칙에 가중치를 부여하여 혼합할당규칙을 적용하였다. 혼합 할당 규칙의 전개는 매트릭스 전개로 수행하며 할당 우선순위의 가중치의 합이 가장 적은 오더부터 작업을 할당하는 새로운 오더(Order Rank)를 결정하고 그 결정 값에 대하여 개선된 작업 시뮬레이션을 보여 줄 것이다. 앞 절에서의 조건으로 단일 할당 규칙별로 결정된 할당 순서는 <표 5>와 같으며, CLV 할당 방법은 M사의 현행 방법에 ATP rule을 적용한 순서이다.

<표 5> 단일 규칙별 할당 오더 순서

할당규칙	할당 오더 순서
EDD	5-12-7-3-11-8-1-15-9-4-13-2-10-14-6
CLV	5-7-1-2-8-3-4-6-14-9-10-13-11-12-15

위 표에서 얻어진 오더의 할당 순서에 <표 6>선호도로부터 얻어진 가중치를 계산하여 매트릭스 작업을 수행한다.

<표 6> EDD와 CLV의 M사의 선호도

구 분	16 M	64 M	128 M	256 M
EDD	7	5	5	9
CLV	3	5	9	7

가중치를 고려한 혼합 할당규칙의 계산식(1)과 기호의 정의는 아래와 같이 전개한다.

$$Matrix_{rank} = \text{Min}[\{\text{Rank}(\sum z_i \cdot p_i) \times \text{Rank}(\sum z_j \cdot d_j)\} / O^2] \quad (1)$$

여기서,

- z_i ; 납기우선순위를 고려한 최소 납기시간 시간의 가중치
- z_j ; 고객 우선순위를 적용한 CLV의 가중치
- p_i ; EDD로 고려한 납기 우선순위
- d_j ; CLV의 우선순위
- O ; 오더량의 총 수

$$New Rank = \text{Min}[e_i \times c_j] \quad (2)$$

여기서,

- e_i : EDD의 New Order

c_j : CLV의 New Order

식 (4.2)에 따라 전개한 매트릭스는 <표 7>과 같고 각 계산식은 가중치를 고려하여 작업한 내용이다.

<표 7> 가중된 혼합할당 매트릭스

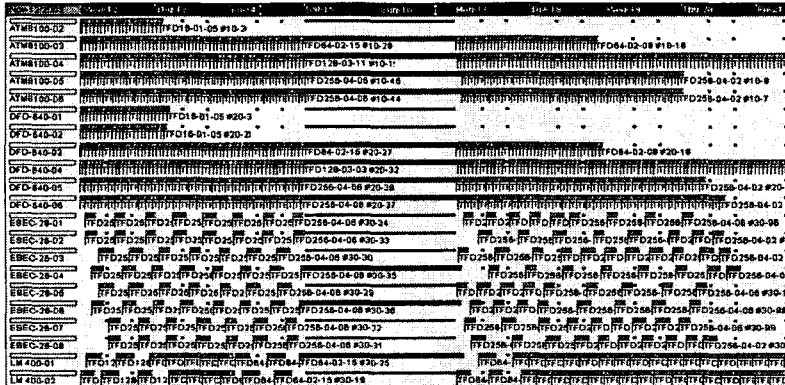
구분	순번	EDD															CLV 중요도	CLV New Order				
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15						
C L	c_i	7	9	5	9	7	9	5	7	5	3	9	7	5	5							
	d_i	35	108	25	15	77	72	5	75	83	45	85	18	70	70	30						
	order	7	15	6	2	14	12	1	13	6	4	9	3	10	11	5						
	1	8	9	15	2	0.063	0.133	0.053	0.018	0.124	0.107	0.009	0.118	0.071	0.030	0.080	0.027	0.080	0.066	0.044	1.057	2
	2	7	7	45	5	0.280	0.500	0.240	0.360	0.560	0.480	0.240	0.820	0.320	0.160	0.360	0.180	0.050	0.440	0.200	4.000	9
	3	1	2	J	1	0.011	0.027	0.027	0.009	0.062	0.053	0.004	0.029	0.038	0.018	0.040	0.012	0.044	0.049	0.022	0.512	1
	4	2	8	18	7	0.092	0.200	0.060	0.077	0.187	0.180	0.013	0.172	0.107	0.053	0.120	0.040	0.124	0.147	0.067	1.800	8
	5	8	3	24	6	0.107	0.400	0.180	0.033	0.093	0.320	0.027	0.247	0.213	0.107	0.040	0.060	0.037	0.020	0.123	2.000	6
	6	3	7	21	5	0.154	0.333	0.133	0.044	0.311	0.267	0.022	0.260	0.178	0.030	0.200	0.057	0.222	0.244	0.111	2.667	5
	7	4	8	20	4	0.124	0.267	0.107	0.036	0.240	0.213	0.011	0.231	0.142	0.071	0.180	0.063	0.178	0.180	0.046	2.133	4
	8	5	30	7	0.218	0.487	0.187	0.052	0.450	0.393	0.031	0.404	0.240	0.124	0.360	0.053	0.311	0.242	0.168	0.733	7	
	9	14	6	126	15	0.487	1.000	0.400	0.133	0.833	0.800	0.057	0.867	0.533	0.287	0.030	0.200	0.057	0.733	0.333	8.000	15
	10	7	8	81	13	0.404	0.867	0.347	0.118	0.800	0.623	0.029	0.751	0.402	0.231	0.020	0.173	0.078	0.620	0.268	6.033	13
	11	12	9	30	14	0.426	0.939	0.379	0.184	0.871	0.747	0.022	0.800	0.480	0.249	0.020	0.107	0.022	0.084	0.311	7.667	14
	12	13	5	55	11	0.342	0.713	0.263	0.050	0.664	0.507	0.048	0.630	0.351	0.180	0.440	0.147	0.486	0.530	0.244	5.667	11
13	11	7	37	12	0.371	0.800	0.320	0.107	0.747	0.646	0.011	0.803	0.427	0.213	0.480	0.180	0.533	0.687	0.287	6.400	12	
14	12	9	7	10	0.311	0.387	0.287	0.080	0.623	0.323	0.044	0.878	0.396	0.178	0.800	0.193	0.444	0.460	0.222	5.222	10	
15	15	3	45	8	0.240	0.333	0.213	0.071	0.468	0.427	0.020	0.462	0.264	0.142	0.220	0.107	0.250	0.281	0.178	2.267	8	
EDD 중요도		3.733 8.500 3.200 7.467 5.400 0.933 0.833 4.267 2.132 4.800 1.600 5.333 0.667 2.667															New Order 계산 (4.3)					
EDD New Order		7 15 6 2 14 12 1 13 6 4 9 3 10 11 5																				

결과에서 볼 수 있듯 가중된 혼합할당 규칙에서 작업의 우선순위가 바뀌었음을 알 수 있다. 새로운 작업순서는 식 (2)와 같이 새로운 작업오더 순서를 결정할 수 있고 작업의 결과치는 <표 8>과 같다.

<표 8> 새로운 랭킹의 계산

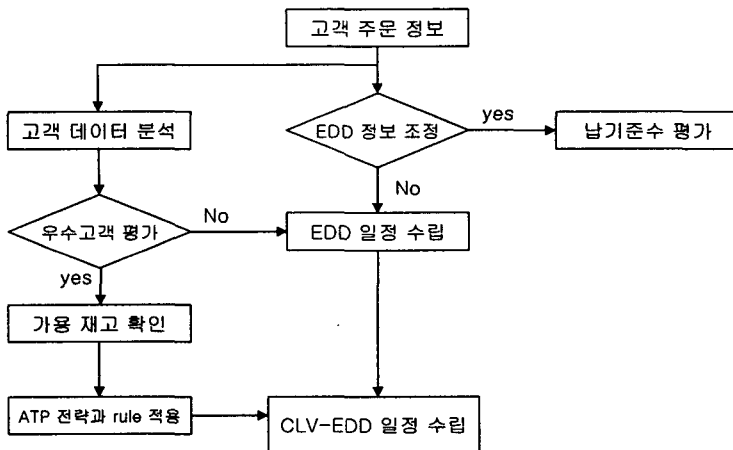
order_number	quantity	due_date	계산값	New Ranking
TFD16-01-01	100.000	2003/11/30	14	4
TFD256-04-02	20.000	2003/12/15	135	15
TFD128-03-03	80.000	2003/11/20	6	2
TFD128-03-04	60.000	2003/12/10	6	3
TFD16-01-05	15.000	2003/11/15	84	9
TFD256-04-06	250.000	2003/12/30	66	8
TFD64-02-07	10.000	2003/11/15	4	1
TFD64-02-08	40.000	2003/11/20	91	10
TFD16-01-09	20.000	2003/12/5	120	12
TFD64-02-10	70.000	2003/12/15	52	7
TFD128-03-11	50.000	2003/11/20	126	14
TFD256-04-12	60.000	2003/11/15	37	5
TFD16-01-13	100.000	2003/12/15	120	13
TFD128-03-14	200.000	2003/12/20	110	11
TFD64-02-15	120.000	2003/11/30	40	6

혼합할당 규칙 EDD-CLV(Earliest Due Date-Customer Lifetime Value)를 기준으로 하였을 경우는 [그림 2]의 결과를 나타내고 있다.



[그림 2] EDD-CLV의 시뮬레이션 결과 화면

위에서 설명된 EDD-CLV(Earliest Due Date-Customer Lifetime Value)을 적용하는 시스템의 순서도는 [그림 3]과 같이 나타낼 수 있다.



[그림 3] EDD-CLV 적용 시스템 순서도

납기를 고려한 경우는 현재의 경우인 선입선출에서의 경우보다 납기 지연 오더와 평균 지연 시간, 리드타임이 2개, 6.10일, 11.51 시간, 준비시간은 254.10시간으로 줄어들었음을 볼 수 있다. 이를 정리하면 <표 9>와 같다.

<표 9> EDD-CLV 시뮬레이션 통계 결과

성 과 지 표	결 과
총 생산시간 (Total production time)	11.51일
총 준비시간 (Total setup time)	254.10시간
납기가 지연된 작업의 수 (the number of tardy jobs)	2
평균 납기 지연도 (Average tardiness)	6.10일

5. 시뮬레이션 결과 비교

앞 절의 결과치를 가지고 FCFS, EDD, SPT, EDD-SPT와 EDD -CLV를 비교하고자 한다.

<표 4.10> 시뮬레이션에 의한 성과지표 비교표

성과지표	현 행	이 론		기존 연구	수행 연구
	FCFS	EDD	SPT	EDD-SPT	EDD-CLV
총 생산시간	23.47일	18.17일	12.81일	12.20일	11.51일
총 준비시간	258.27시간	316.35시간	289.10시간	290.85시간	254.10시간
납기 지연 작업	9작업	6작업	3작업	3작업	2작업
평균 납기 지연도	15.77일	8.23일	7.77일	6.61일	6.10일