

# 동작 연구 및 라인 발란싱을 활용한 SMPS 조립라인의 공정개선 사례\*

이상영\*\* · 홍성훈\*\* · 김진환\*\*\*

## A Process Improvement of the SMPS Assembly Line Using Motion Study and Line Balancing Techniques

Sang-Young Lee · Sung-Hoon Hong · Jin-Hwan Kim

### 〈Abstract〉

The productivity and quality are most challenging problems facing all companies. This paper presents a process improvement of the SMPS (switching mode power supply) assembly line through elimination of unnecessary operations, a proper factory layout, motion study, and line balancing techniques. The proposed assembly line increases the productivity by 23.9 %, and decreases the proportion of nonconforming items by 48.9 %.

### 1. 서 론

전자 부품인 SMPS(switching mode power supply), SVR PCB(satellite video receiver printed circuit board), CATV-CVT (cable TV converter), 팩시밀리 등을 생산하고 있는 ABC(주)는 1990년에 설립되었고 1997년도 매출액이 약 400억원인 중견 기업이다. 이 기업은 현재 다른 기업과 마찬가지로 점점 치열해지는 국제시장에서 경쟁력을 갖추기 위해 생산성 향상 및 품질 개선에 부단한 노력을 기울이고 있다. 그래야만 기업간 경쟁에서 생존할 수 있음을 인식한 것이다. 이 기업의 생산 방식을 보면 대부분 조립 공정으로 이루어져 있다. 이러한 특성을 갖는 생산 체제일 경우 조립 라인에 대한 효과적인 개선 활동(합리화 활동)을 실시함으로써 생산성을 향상 시킬 수 있는 가능성이 매우 높다. 즉, 큰 비용을 필요로 하는 자동화 사업에 투자하지 않고서도 단순히 인력 자원과 설비를 재조직하고 재배치 함으로써 기업이 추구하는 목표의 상당 부분을 달성 할 수 있다.

이 논문에서 다루고자 하는 대상 품목 라인은 이 기업의 주력 생산 품목인 SMPS조립 라인이다. 이 제품은 컴퓨터 등에서 전원을 공급해 주는 장치로서 이 라인에서 현재 문제점으로 지적되는 것들을 살펴보면 첫째, 공정 흐름의 무질서를 들 수 있는데, 이로 인해 비능률적인 작업들과 불필요한 동작들이 수행되고 따라서 생산성이 저하되고 있다. 둘째, 각 작업자별 부하량이 적절치 못하여서 공정 흐름이 원활하지 못하고 공정상의 재고 및 불필요한 자재 등 각종 작업 지연을 일으키는 요인들이 존재한다. 셋째, 납땜 등의 작업에서 유해 화학물질로 인한 작업 환경이 문제시 되고 있고, 넷째, 기타 비효율적인 낭비 요소들이 존재하고 있다. 따라서 작업 개선을 위해서는 현재 공정의 적절성을 검토하고, 아울러 공정을 단순화시킬 수 있는 방안을 모색해야 한다. 또한 라인 발란싱을 실시하여 라인의 편성 효율을 향상시켜야 한다. 그리고 동작 연구를 통해 불필요한 동작들을 제거하는 등의 방법을 통해 비능률적인 작업 방법들을 개선 해야 하겠다. 즉 라인 간의 부하를 적절히 조화시키는 라인 발란싱을 효율적으로 이룩하고

\* 본 연구는 전북대학교 자동차신기술연구소의 지원을 받아 수행하였으며 이에 감사드립니다.

\*\* 전북대학교 산업공학과

\*\*\* 전북지방중소기업청 기술지원과

공정을 보다 단순화 시킬 수 있는 방안을 강구하여 물류 이동 거리를 최소화 시켜야 한다.

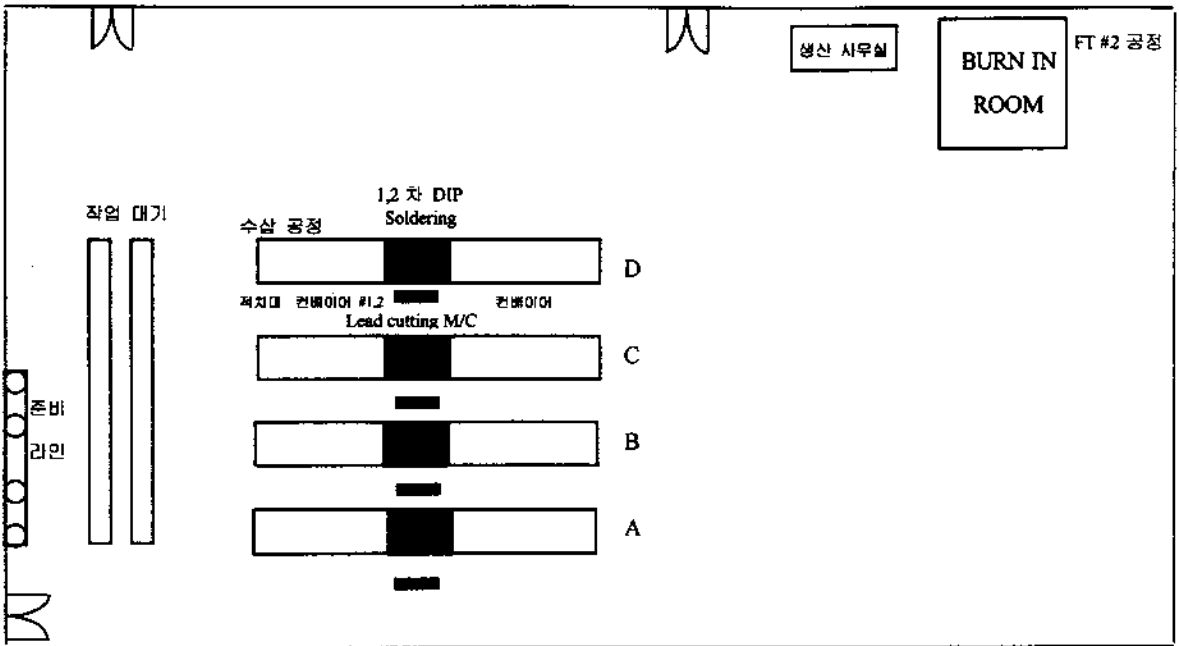
조립 라인 발란싱(assembly line balancing: ALB) 문제는 대개 주어진 생산 윌에 대하여 작업장의 수(작업자의 수, 라인 길이)를 최소화하는 문제와, 주어진 작업장의 수에 대하여 생산 윌을 최대화 하는 문제로 나누어 볼 수 있다[9]. 이에 대한 연구로서 Johnson[6]은 실제 문제에서 최적 해와 근사 최적 해를 찾는 방법을 제시했고 Talbot등[10]은 ALB에 대한 기존의 휴리스틱한 방법들을 상호 비교하여 평가하였고, Ghosh와 Gagnon[3]은 조립 라인에 대한 설계, 라인간 균형, 생산 일정 계획 등에 관한 기존의 연구들을 종합적으로 분석하고 비교하였다. Deckro와 Rangachari[2]는 사이클 타임, 작업장의 수, 작업장 제약, 여유 시간, 비용 등의 여러 목표를 갖는 0-1목표 계획법의 모형을 제시하였다. 이러한 연구들은 대부분이 작업의 선후 관계 등을 고려하여 균형 효율 만을 높이는 휴리스틱한 해법 또는 모형 개발에 중점을 두어왔다. 그런데 이러한 균형 효율만을 최대로 하는 목적 외에 작업의 관련성도 고려하여야 한다. 예를 들면 컨베이어상의 일정 구간을 여러 작업자가 공유하면서 작업할 경우 작업자들에게 가능하면 작업의 관련성이 높은 작업을 우선적으로 할당하여 줌으로써, 작업자의

능률과 책임감을 높일 수 있고, 라인 설계와 작업자 배치에 유연성을 높일 수 있다. 이 분야의 연구로는 Agrawal[1], Shrub와 Dare[8], 그리고 Johnson[5]등의 연구에서 제시되었다. 작업 흐름 거리를 단축(합리적인 기계 배치를 통해)해 각 기계에 작업 할당을 적시에 할 수 있도록 함으로써 작업의 능률 향상을 꾀하는 측면의 연구로는 Hillier [4]등을 들 수 있는데, 여기서는 설비 배치 결정 안을 단계적으로 향상시켜 물류 비용이 적게 발생하는 설비 배치 안을 찾는 휴리스틱 방식을 채택하였다. 또한 Khare등[7]은 모든 가능한 기계 배치 방법에 수반되는 비용의 밀도 함수를 알 수 있을 때 기계 배치의 해답을 얻을 수 있는 휴리스틱 방법을 제안하였다.

본 연구에서는 SMPS 조립 라인의 길이를 줄이면서 라인간 발란싱을 통해 싸이클 타임을 최소화 하는 방안을 모색하고자 한다. 즉, 불필요 공정 제거 및 통합을 통해 라인 길이를 줄이면서 물류 흐름을 단축시키고 라인간 발란싱과 동작 연구, 작업 방법 개선을 통해 싸이클 타임을 최소화 시키려 한다.

### 2. SMPS생산 라인의 특성 및 개선 전의 공정

ABC(주)의 SMPS생산 라인은 조립 라인으로서 일종의 호

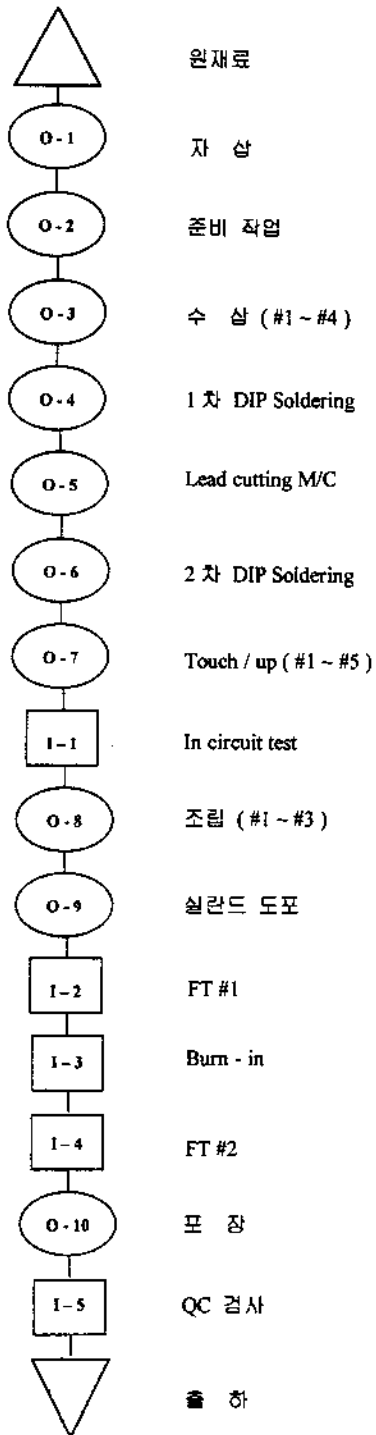


〈그림 1〉 개선 전 작업 공간 배치도

를 공정으로 이루어져 있다. <그림 1>은 개선 전의 공간 배치 도이며, 같은 종류의 설비들을 갖는 4개(A~D)의 라인으로 구성되어 있다. 이러한 SMPS조립 라인은 협력 업체로부터 구입한 PCB 위에 부품들을 삽입하는 라인으로 순차적으로 여러 공정들을 거치면서 조립되도록 되어 있다. 그렇기 때문에 이 라인에서의 공정 내 작업 물량과 공정간 부하에 대한 통제 정도에 따라 라인 효율성 즉 생산성이 크게 좌우 되는 특성을 가지고 있다.

개선 전의 작업 절차는 <그림 2>와 같다. 즉, 원재료가 거래처에서 도착하면 자체 창고에 보관 후, 생산 일정 계획에 따라 현장에 입고하게 된다. 입고 되면 우선 PCB판에 표준화된 IC류 등을 자동으로 삽입하는 자삽 공정을 거친다. 그런 다음 <그림 1>의 준비 라인에서 사전 준비 작업을 한 후 표준화되지 않았거나 거래처에서 요구하는 규격이 있거나 덩치가 비교적 큰 부품 등은 자동 삽입이 불가능하기 때문에 수동으로 삽입하는 수삽 공정(#1~#4)을 거친다. 그 후에 1차 DIP Soldering 작업을 하고, 끝나면 Lead cutting M/C로 납땜 부분을 부드럽게 잘라주고 수정하는 Lead cutting 작업을 한다. 또한 2차 DIP Soldering 작업을 하고 다시 사용자(거래처)로부터 요구된 soldering 규격에 맞게 납땜 수정 하는 Touch / up 공정(#1~#5)을 거친다. 그런 다음에 내부 회로의 점검 검사 공정인 In circuit test 공정을 거치고, 각종 케이스나 조립해야 될 부품들을 나사틀 이용해 조립하는 공정(#1~#3)을 거친 후 외부의 충격 등에 대비해 실리콘으로 고정시키는 실란드 도포 공정을 거친다. 그리고, 최종적으로 검사 공정들인 기본적인 동작 검사 공정(FT#1), 악조건 하에서의 성능 시험 검사인 Burn-in 검사 공정, 정밀한 검사 공정(FT#2)를 끝내면 포장하고 다시 샘플링을 통한 QC검사 후 출하 하게 된다.

본 연구에서는 A-D, 4개의 라인 중 B라인을 개선 대상으로 삼아 상세한 분석을 수행하였다. 여기서는 공정상 문제를 야기 시킨다고 파악된 구간인 Touch/up #1 에서 FT #1까지를 분석 했다. <표 1>은 이 라인에서의 개선 전 작업 요소별 작업 시간을 관측한 것이다. 관측 방법은 먼저 대상 작업자, 관리자 등의 작업 관계자들과 협의하여 관측 시기, 기간 등에 대한 계획을 수립하고 2~3일간의 예비 관측을 실시하였다. 아울러 예비 관측 시 요소 작업으로 분할하였으며 스톱 위치를 사용(계속 법)해 관측하였다. 또한 관측 시는 반드시 서서 하고 위치도 작업에 방해가 되지 않도록 하는 등 작업이 평상 시의 상태와 동일한 조건에서 이루어지도록 하였다. 그리고 이 관측은 개선을 위한 것으로 관측 횟수 10회 정도면 적절하므로



<그림 2> 개선 전 공정도

〈표 1〉 B라인 개선 전 작업 시간 분석표

공정명	순서	요 소 작 업	관 측 시 간 (초)										평균	참고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Touch / up #1	1	추가납땜(TRANS,IC등)	30.16	27.21	28.24	23.09	18.67	29.88	28.86	27.30	24.37	29.17		
	2	solder short point 제거	20.87	21.04	21.06	22.25	20.21	18.58	26.88	21.72	21.27	18.71		
	소 계		51.03	48.25	49.30	45.34	38.88	48.46	55.74	49.02	45.64	47.88	47.95	
Touch / up #2	1	BRK'T 조립	7.49	6.80	7.24	10.06	7.90	9.40	11.55	11.70	9.19	6.25		
	2	IC등 추가 납땜	18.96	23.84	27.21	25.32	25.63	17.86	16.40	24.27	33.65	36.82		
	3	solder short point 제거	28.36	32.33	16.55	40.06	16.20	31.89	31.64	16.08	23.13	15.50		
	소 계		54.81	62.97	51.00	75.44	49.73	59.15	59.59	52.05	65.97	58.57	58.93	병목 공정
Touch / up #3	1	BRK'T 납땜(2P)	6.99	6.44	7.50	6.34	8.13	6.83	7.61	7.57	6.90	9.47		
	2	solder short point 제거 및 육안검사	25.79	27.50	38.29	18.57	31.12	29.33	40.35	39.34	40.76	35.18		
	소 계		32.69	33.94	45.79	24.91	39.25	36.16	47.96	46.91	47.66	44.65	39.99	
Touch / up #4	1	BRK'T 납땜(1P)	5.21	4.29	3.21	6.54	5.95	5.24	6.11	4.94	5.95	6.01		
	2	IC등 추가납땜	25.17	20.17	18.97	21.47	20.97	16.53	27.21	26.25	27.14	24.27		
	소 계		30.38	24.46	22.18	28.01	26.92	21.77	33.32	31.19	30.09	30.28	28.16	여유 공정
Touch / up #5	1	추가납땜(TRANS,IC등)	25.91	18.94	21.95	22.31	24.51	29.45	30.21	35.45	31.07	19.95		
	2	solder short point 제거	20.97	20.85	21.05	22.06	21.15	19.58	25.88	24.75	21.37	24.51		
	소 계		46.88	39.79	43.00	44.37	45.66	49.03	56.09	60.2	52.44	44.46	48.19	
In circuit test	1	방전,부품정리,휴즈삽입	8.96	11.74	11.68	12.28	11.21	9.37	10.24	9.97	9.54	10.33		
	2	ICT 검사	13.78	14.90	14.33	15.57	14.32	11.97	16.22	13.36	17.90	16.51		
	소 계		22.74	26.64	26.01	27.85	25.53	21.34	26.46	23.33	27.44	26.84	25.42	여유 공정
조립 #1	1	BRK'T조립	19.64	21.67	15.23	20.38	20.24	22.20	23.98	17.68	23.90	22.84		
	2	H/S 조립	18.29	14.30	15.65	14.23	18.81	10.04	15.22	12.31	10.29	15.55		
	소 계		37.93	35.97	30.88	34.61	39.05	32.24	39.20	29.99	34.19	38.39	35.25	
조립 #2	1	H/S조립(비스 2 EA)	8.27	8.38	7.03	6.49	6.39	5.63	7.59	7.43	6.30	9.18		
	2	CLAMP조립(비스1EA)	6.68	9.91	8.10	10.38	8.81	13.85	9.35	11.11	14.65	8.76		
	3	CLAMP 조립 (RUBBER+비스 1EA)	9.66	13.77	11.38	9.74	10.53	10.72	9.66	14.14	10.53	13.09		
	소 계		24.61	32.06	26.51	26.61	25.73	30.20	26.60	32.68	31.48	31.03	28.75	여유 공정
합 계											398.19			

공정명	순서	요 소 작 업	관 측 시 간 (초)										평균	참고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
조립 #3	1	CLAMP조립	8.53	7.94	6.21	8.45	8.24	8.38	8.90	9.87	9.01	9.06		
	2	CLAMP+RUBBER조립	8.72	9.14	10.63	11.99	9.74	9.89	10.14	8.94	9.92	9.84		
	3	CLAMP(RUBBER조립 핀젓+RUBBER)	10.87	11.71	10.22	12.50	11.07	13.07	11.17	12.37	11.99	12.75		
	소 계		28.12	28.79	27.06	32.94	29.05	31.34	30.21	31.18	30.92	31.65	30.13	
실란드 도포	1	실란드 도포	37.01	33.25	30.03	32.49	36.25	29.81	30.83	44.62	35.99	28.78		
	소 계		37.01	33.25	30.03	32.49	36.25	29.81	30.83	44.62	35.99	28.78	33.91	
FT #1	1	JIG에 SETTING후 S/W ON	9.91	12.13	8.64	7.56	7.20	8.85	11.94	7.51	9.72	11.61		
	2	육안 검사	9.94	12.77	15.87	7.74	6.19	9.50	7.91	14.93	15.13	20.14		
	소 계		19.85	24.90	24.51	15.30	13.39	18.35	19.85	22.44	24.85	31.75	21.51	여유 공정
합 계											398.19			

10회 관측하였다. 한편, 표에서 보는 바와 같이 Touch/up #2 공정의 경우 작업 시간이 평균 58.93초로서 분석 대상인 전체 11개 공정의 평균인 36.19초에 비해 월등히 높아 문제시 되었다. 반면에 FT #1 공정의 경우 작업 시간이 평균 21.51초, In circuit test 공정은 25.42초, Touch/up #4공정은 28.16초 그리고 조립 #2공정은 28.75초로서 공정 흐름상 여유가 많았다. 즉 여유 공정(Touch/up #4, In circuit test, 조립 #2, FT #1)과 병목 공정 (Touch/up #2)이 공존함으로 인해 공정 흐름이 원활하지 못하여 작업 지연 및 생산성 저하를 초래하는 원인이 된다. 그 외에 현재 작업 공간의 배치도 및 시간 자료 분석으로 파악된 대표적인 문제점들은 다음과 같다.

- 1) 현재 수작업하는 공정 중 신 기술 도입으로 인해 자동화로 대체 할 수 있는 공정이 존재하는 등 불 필요 공정 존재 (DIP Soldering공정 등)
- 2) <그림 1>에서 보는 바와 같이 FT #2공정이 BURN IN ROOM 뒤쪽에 떨어져 있음으로 인해 관리가 용이하지 못함으로 인해 능률이 떨어짐은 물론 비효율적인 공간 활용을 하고 있음.
- 3) 물류 흐름을 연결시켜 최소화 시켜야 함에도 <그림 1>에서 보는 바와 같이 불필요하게 주 라인과 떨어져 있는 별도의 준비 라인을 운영해 준비 작업을 실시함

- 4) 작업 시 개선해야 할 불필요 동작들이 존재함. 예를 들어 Touch/up #1공정에서 먼저 추가 납땜 작업을 하고 다시 몸을 돌려 CUT BOX안에서 Solder short point제거 작업을 하는 등의 작업자 피로를 유발시키는 비 효율적인 동작들이 존재

이상의 문제점들을 파악한 후 생산성 향상을 위해 불 필요 공정의 제거, 및 동작 연구를 통한 생산 시간 단축, 라인 발란싱을 통한 편성 효율의 향상, 작업 개선을 위한 관리·시설·환경 측면의 향상 등을 목표로 하였다.

### 3. 작업 방법 개선 및 라인 발란싱

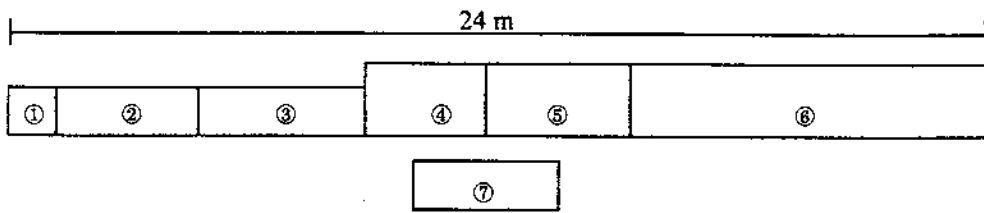
개선을 위한 목표를 크게 4가지로 설정하였다. 첫째, 불 필요 공정을 제거하여 물류 흐름을 최소화 시키고자 했다. 둘째, 서로의 작업 방법을 비교해 가면서 불 필요 동작을 제거 하는 등의 동작 연구를 통해 생산 시간을 단축시키고자 했다. 셋째, 라인 발란싱을 실시하여 작업량을 재분배하고 병목 공정을 없애고자 했다. 넷째, 효율적인 관리를 위해 관리 측면의 향상, 작업 편이를 위한 시설 측면의 향상, 작업자 환경 개선을 위한 환경 측면의 향상을 목표로 하였다.

### 3.1 불 필요 공정의 제거

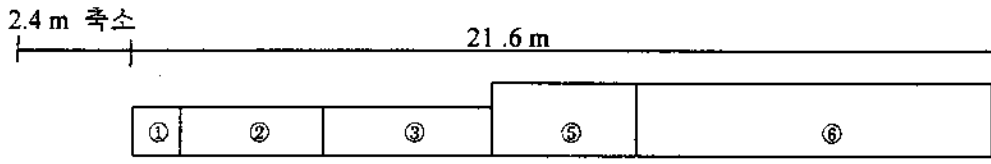
개선을 위해 첫째로 검토한 것이 불 필요한 공정을 파악하고 이를 제거하는 것이었다. 먼저 DIP Soldering 공정을 없애고 이 작업을 자동 Soldering 기계를 사용하여 대체했다. 그 다음에 준비 라인을 개선하였는데 개선 전의 준비 라인은 <그림 1>에서 보는 바와 같이 주 라인과 별도로 운영해 준비 작업을 수행한 후 벨트 컨베이어를 통해 라인에 공급하는 방식을 사용했다. 그러나, 벨트 컨베이어가 많은 공간을 차지하고

BOX에 넣어 운반하여 라인에서 사용 시에는 다시 꺼내는 등의 불필요 시간 및 동작을 유발시키므로 이를 철거하고 준비 작업을 주 라인에 접목시켰다. 이를 통해 <그림 3>에서 보는 바와 같이 개선 전에는 적치대(①)에서 컨베이어(⑥)까지의 거리가 24m 였으나 개선 후에는 삭제된 공정(DIP Soldering)으로 인해 21.6m가 되어 약 3.4m의 물류 흐름을 단축시켰다. 그리고, 준비 작업 인원 6명을 감축(13명→7명)할 수 있었고 재공품 재고 및 운반 시의 손실도 감소시켰다. 아울러 작업 공간의 효율적인 이용도 가능해졌다.

#### 개선 전



#### 개선 후





























NO	공정명	개선 전	개선 후	비고
①	적치대	○	○	
②	컨베이어 1	○	○	
③	컨베이어 2	○	○	
④	1차 DIP Soldering	○	X	공정 삭제
⑤	2차 DIP Soldering (개선 후 자동 Solering M/C으로 교체)	○	○	
⑥	컨베이어	○	○	
⑦	Lead cutting M/C	○	X	공정 삭제

<그림 3> 개선 전, 후의 공정

3.2 동작 연구를 통한 시간 연구

둘째로 검토한 것이 동작 연구를 통한 시간 단축이었다. 여

기서는 소집단 활동을 통해 서로의 작업 방법을 비교해가면서 개선하였다. 예를 들어 Touch/up #1 공정에서 먼저 추가 납땜 작업을 하고 다시 몸을 돌려 CUT BOX안에서 Solder short point

개선 전		개선 후	
	전 공정에서 작업물 가져옴		전공정에서 작업물 가져옴
	납땜 장소로		납땜 장소로
	추가 납땜 위치 확인		추가 납땜 위치 확인
	납땜		납땜
	납땜 확인		납땜 확인
	몸을 돌려 작업물을 BOX로 이동		Solder short point 제거 위치 확인
	Solder short point 제거 위치 확인		제거 작업
	제거 작업		제거 작업 확인
	제거 작업 확인		다음 공정으로 이동
	제자리로 가져옴		
	다음 공정으로 이동		
기호의 수		기호의 수	
운반	 5		 3
가공	 2		 2
검사	 4		 4
계	11		9

〈그림 4〉 개선 전, 후의 Touch/up #1 공정 작업자 공정도

제거 작업을 하는 등의 작업자 피로를 유발시키는 비 효율적인 동작들이 존재하였으나 CUT BOX안에 배기용 DUCT를 부착하여 납땜 작업 및 제거 작업을 이동 없이 동일 장소에서 할 수 있게 했다. 따라서 <그림 4>에서 보는 바와 같이 개선 전에는 운반 작업이 5개 였으나 개선 후 이를 3개로 단축 시켜 전체 11개의 작업이었던 것을 9개 작업만으로 이루어 지도록 개선하였다. 그리고 FT #1공정의 경우 작업대가 필요 이상으로 큼으로써 작업대와 컨베이어 간의 거리가 멀어 작업자의 불필요 동작

을 유발시키므로 이를 수정하였다. 그 외 작업의 용이를 위해 작업 의자의 높이 수정을 통해 작업자의 피로를 감소시켰다. 그럼으로써 불 필요한 동작을 제거하고 작업자의 피로를 완화시켜 궁극적으로 생산 시간을 단축시켜 생산성을 높일 수 있었다.

3.3 라인 발란싱

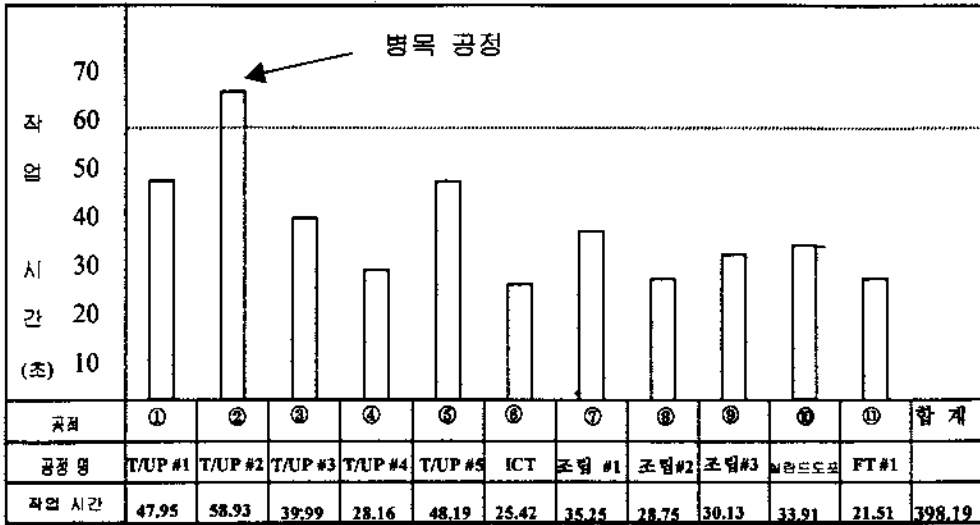
셋째로 라인 발란싱을 하였다. 여유 공정과 병목 공정을 과

<표 2> B라인 개선 후 작업 시간 분석표

공정명	순서	요 소 작 업	관 측 시 간 (초)										평균	참고
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
Touch / up #1	1	추가납땜(TRANS.IC등)	28.35	26.81	27.54	20.78	19.78	22.77	22.05	27.93	22.98	26.77		
	2	Solder short point 제거	19.87	22.76	21.92	22.93	19.76	19.07	22.89	22.01	20.95	18.71		
		소 계	48.22	49.57	49.46	43.71	39.54	41.84	44.94	49.94	43.93	45.48	45.66	
Touch / up #2	1	BRK'T 조립	6.89	6.78	6.33	9.10	7.67	9.53	10.98	9.78	8.72	7.56		
	2	BRK'T 납땜(3P)	18.02	18.29	18.57	16.32	16.45	18.29	17.91	18.06	22.91	21.8		
	3	Solder short point 제거 및 육안검사	17.78	19.32	16.69	19.55	17.01	17.23	22.35	17.24	21.82	19.01		
		소 계	42.69	44.39	41.59	44.97	41.13	45.05	51.24	45.08	53.45	48.37	45.80	
Touch / up #3	1	추가납땜(TRANS.IC등)	9.20	7.45	7.24	8.34	9.78	7.71	8.45	9.38	7.23	9.92		
	2	solder short point 제거 및 육안검사	30.37	36.02	37.93	28.03	35.67	39.45	42.56	40.24	40.23	42.77		
		소 계	39.57	43.47	45.17	36.37	45.45	47.16	51.01	49.62	47.46	52.69	45.80	
In circuit test	1	방전,부품정리,휴즈삽입	9.45	10.34	12.98	13.75	13.56	10.82	11.92	10.62	10.45	11.91		
	2	ICT 검사	21.83	20.59	18.92	18.39	19.02	17.94	19.6	21.85	21.45	21.09		
		소 계	31.28	30.93	31.90	32.14	32.58	28.76	31.52	32.47	31.90	33.00	31.65	
조립 #1	1	BRK'T조립	23.02	25.93	23.96	24.97	23.2	24.37	25.38	24.58	29.2	24.3		
	2	H/S 조립	21.08	19.39	17.19	17.08	19.29	19.77	20.38	18.88	17.92	16.22		
		소 계	44.10	45.32	41.15	42.05	42.49	44.14	45.76	43.46	47.12	40.52	43.61	
조립 #2	1	H/S조립	14.27	14.36	14.17	13.64	13.12	13.54	13.41	12.95	14.54	13.52		
	2	CLAMP조립	15.78	15.11	14.01	16.29	14.49	18.24	15.11	16.92	17.33	14.99		
	3	CLAMP 조립 (RUBBER+비스 1EA)	14.96	15.39	14.92	14.88	12.97	12.77	12.92	13.01	13.06	13.11		
		소 계	45.01	44.86	43.10	44.81	40.58	44.55	41.44	42.88	44.93	41.62	43.38	
조립 #3	1	CLAMP조립	15.38	14.83	13.56	15.44	15.23	15.66	16.11	14.46	15.07	16.42		
	2	CLAMP+RUBBER조립	14.90	15.23	16.29	14.39	14.91	15.38	16.36	16.92	15.27	16.05		
	3	CLAMP(RUBBER조립 된것+RUBBER)	11.23	12.22	11.02	12.27	13.13	12.22	13.92	12.96	13.19	12.02		
		소 계	41.51	42.28	40.87	42.10	43.27	43.26	46.39	44.34	43.53	44.49	43.20	
실란드 도포 + FT 1	1	실란드 도포	23.23	25.89	24.78	25.77	24.01	24.91	24.39	24.60	25.11	24.58		
	2	JIG에 SETTING후 S/W ON	6.91	5.55	6.34	6.32	6.40	6.65	5.45	6.45	7.34	6.01		
	3	육안 검사	7.45	8.34	9.01	10.28	8.88	9.17	10.38	11.82	7.92	9.91		
		소 계	37.59	39.78	40.13	42.37	39.29	40.73	40.22	42.87	40.37	40.50	40.39	
합 계												339.49		

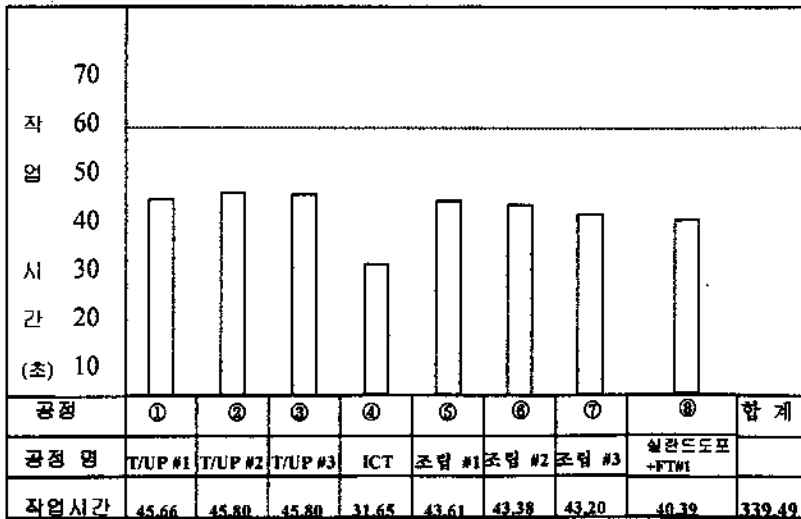


〈표 3〉 개선 전 작업 시간 분석



\* 라인 발란싱 효율 =  $\frac{\sum_{i=1}^n t_i}{m \times t_{\max}} \times 100 = (398.19 / (58.93 \times 11)) = 61.4\%$

〈표 4〉 개선 후 작업 시간 분석



\* 라인 발란싱 효율 =  $(339.49 / (45.8 \times 8)) = 92.7\%$

악하고 작업량을 재분배 하였다. 개선 후의 작업 시간 관측치는 <표 2>와 같다. 관측 방법은 작업자가 개선된 작업 방법에 익숙해진 후 개선 전의 방법과 동일하게 관측하였다. 그리고 개선 전.후의 작업 시간 분석은 <표 3>, <표 4>와 같다. <표 3>에서 보는 것과 같이 개선 전 공정의 작업 시간 중 Touch/up #2공정의 경우 58.93초로서 최소치인 FT #1공정의 21.51초에 비해 월등히 높았으나 <표 2>, <표 4>에서와 같이 이 공정을 여유 공정에 분배 시켜 45.80초로 단축시키고 전 공정을 46초~31초 사이로 분배하는 등의 발란싱을 실시하여 라인 발란싱 효율이 61.2% 였던 것을 92.7% 까지 높일 수 있었다. 단 라인 발란싱 효율은 다음 식에 의해 구해졌다.

$$* \text{라인 발란싱 효율} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{m \times t_{max}} \times 100$$

t<sub>i</sub> = 각 공정의 작업 시간

n = 공정 수

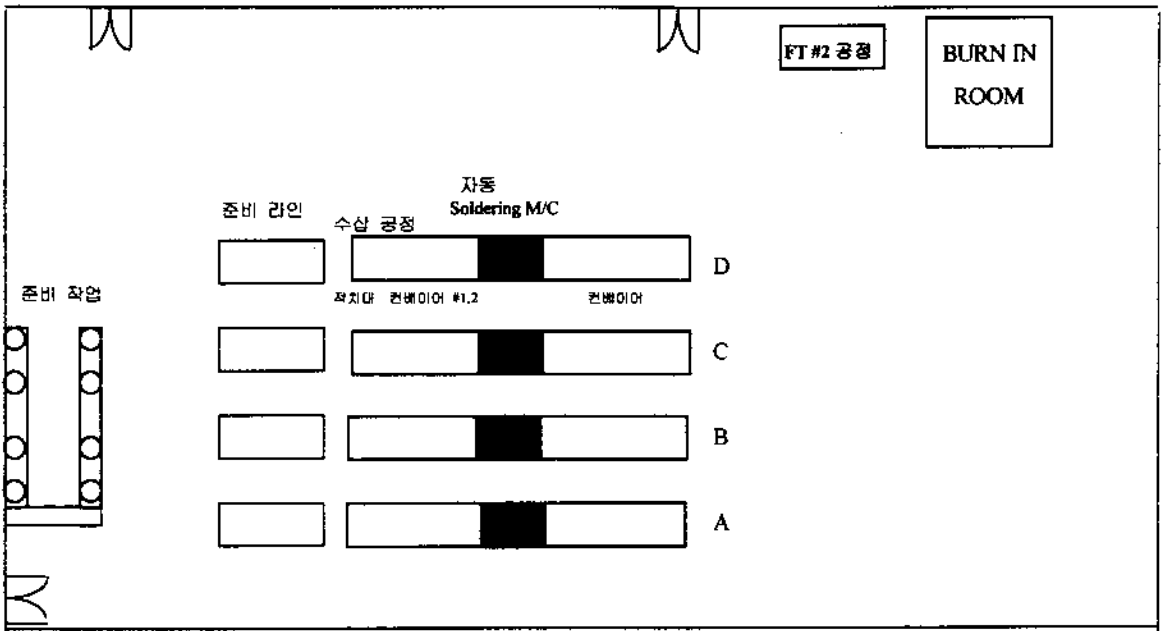
m = 작업자 수(혹은 공정 수)

t<sub>max</sub> = 공정의 작업 시간 중 제일 큰 것

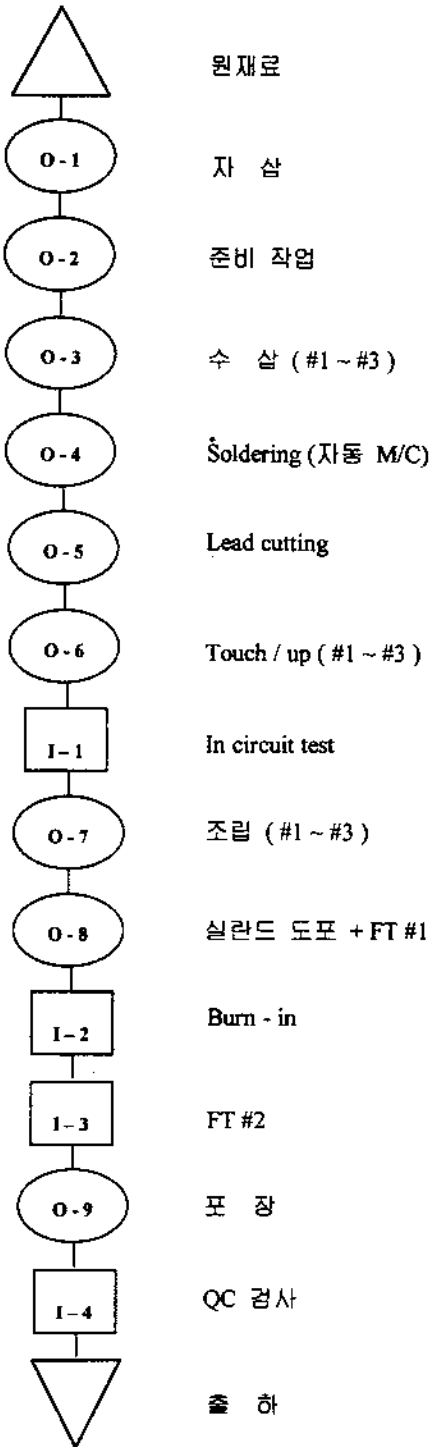
이에 따라 인원 감축, 사이클 타임 단축 등을 실현하였다.

### 3.4 기타 개선 사항

먼저 관리 측면에서 개선시킬 수 있는 방안을 모색했다. FT# 2 공정의 경우 개선 전에는 주야 2교대로 운영되고 있었으나 주간 작업만으로도 가능성이 파악되어 개선 후에는 주간 작업만을 실시하였다. 또한 <그림 1>에서와 같이 공정 위치가 Burn-in Room뒤에 떨어져 있어서 관리자의 시야를 벗어나 관리하기에 많은 어려움이 있었으나 효율적인 관리를 위해 <그림 5>에서와 같이 앞으로 이동시켜 관리가 용이하게 하였다. 이에 따라 인원 감축(2명) 및 관리 손실을 줄일 수 있었다. 그리고, ICT 지그(고정 도구)를 일정치 않은 장소에 보관 함에 따라, 찾는 시간적 손실이 발생되어 ICT 지그 보관용 적치대를 제작하여 보관토록 하고 지그별 표시판을 부착하여 관리토록 하였다. 그 외 명판 및 각종 현황판 부착 등을 통해 눈으로 보는 관리를 실현하고자 했다. 그 다음 시설 측면에서 작업 방법을 개선시킬 수 있는 방법을 파악하였다. 여기서는 공정 중에 사용하는 부품 박스 크기가 필요 이상으로 크고 표준화가 되어 있지 않아서 크기를 줄이고 표준화 시켰다. 이로 인해 부품 박스가 차지했던 공간이 줄어들게 되었다. 그 외 Shute를 통한 재공품 이동, 수리용 작업대 제작 운용 등을 실시하였다.



<그림 5> 개선 후 작업 공간 배치도



〈그림 6〉 개선 후 공정도

〈표 5〉 개선 결과

내 용	개선전	개선후	결 과
생산성(작업 공수 효율)	58.90%	73.00%	23.9% 향상
불량률	1.88%	0.92%	48.9% 감소

마지막 환경 측면에서는 납땜 공간의 환기 닥트 보강 및 작업장 정리 정돈, 구획 정리 등을 실시하여 환경 측면에서 생산성을 향상시킬 수 있는 방안을 강구하였다.

이와 같이 개선한 결과 〈그림 6〉과 같은 공정도를 갖게 되었다. 요약하면 1,2차 DIP Soldering 공정이 삭제되고 자동 Soldering 기계를 도입하였으며 수납 공정에서 개선 전에 4명의 작업자(#1~#4)가 작업했던 것을 3명의 작업자(#1~#3)가 작업하도록 재분배하여 1명의 인원 절감을 가져왔고 Touch/up 공정에서는 개선 전에 5명의 작업자(#1~#5)가 작업하였으나 3명의 작업자(#1~#3)가 작업하도록 개선하여 2명의 인원 절감을 이루었다. 그리고, 실란드 도포와 FT #1 공정을 1명의 작업자가 작업하도록 함으로써 1명의 인원 절감을 이루었다.

종합적으로 〈표 5〉에서와 같이 생산성을 23.9% 향상 시켰고 불량률을 48.9% 감소시키는 성과를 올릴 수 있었다. 단 생산성(작업 공수 효율)은 다음식에 의해 구해졌다.

$$* \text{작업공수 효율}(\%) = \frac{\text{1일 생산량}}{(\text{1일 생산시간} / \text{표준시간}) \times \text{1일 가능 생산량}} \times 100$$

#### 4. 결 론

본 연구에서는 개선 사례를 제시함으로써 설비 투자 비용이 큰 공장 자동화를 이룩하거나 어떤 탁월한 공정 기법을 사용하지 않아도 효율적인 공정 개선 및 동작 연구를 통한 시간 단축, 공정 간의 부하량 조절, 물류 흐름의 단축, 기타 불필요 요소 제거 등으로도 얼마든지 생산성을 향상시킬 수 있음을 보여 주었다. 즉, 작업분석을 통해 불필요 공정 제거 및 동작 연구, 라인 발란싱 기법을 효율적으로 적용한 결과 라인의 편성 효율을 61.2% 에서 92.7% 까지 높임으로써 생산성을 23.9% 향상시키고 불량률을 48.9% 감소 시킬 수 있었다. 또한 작업 인원을 크게 줄일 수 있었으며, 물류 흐름 단축 등의 부수적 효과를 이룩할 수 있었다. 한편 본 연구의 개선 활동 중 현재 작업을 고수하려는 작업자뿐 아니라 관리자들을 설득하고 변화시키는 문제 등에서 어려운 점이 있었다. 이러한 어려움

은 최고 경영자의 의지와 역할에 의해 해결할 수 있었다. 즉 이러한 개선 활동을 성공적으로 실시하기 위해서는 최고 경영자의 결단과 전폭적인 지원 등이 무엇보다 중요함을 새삼 깨달을 수 있었다. 그리고 본 연구로써 얻을 수 있는 의의로는 기업들로 하여금 효율적인 발상의 전환의 중요성을 인식케 함으로써 기업의 생산성 향상에 기여할 수 있을 것 이라 기대 된다.

【참 고 문 헌】

[1] Agrawal, P. K., "The Related Activity Concept in Assembly Line Balancing", International Journal of Production Research, 23, 2, pp. 403-421, 1985.

[2] Deckro, R.F., and Rangachari, S., "A Goal Approach to Assembly Line Balancing", Computers Operations Research, 17, 5, pp. 509-521, 1990.

[3] Ghosh, S., and Gagnon, R. J., "A Comprehensive Literature Review and Analysis of the Design, Balancing and Scheduling of Assembly Systems", International Journal of Production Research, 27, 4, pp. 637-670, 1989.

[4] Hillier, F. S., "Quantitative Tools for Plant Layout Analysis", Journal of Industrial Engineering, 14, 1, pp. 33-40, 1963.

[5] Johnson, R. V., "A Branch and Bound Algorithm For Assembly Line Balancing Problems with Formulation Irregularities", Management Science, 29, 11, pp. 1309-1324, 1983.

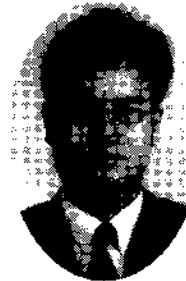
[6] Johnson, R. V., " Optimally Balancing Large Assembly Lines FABLE", Management Science, 34, pp. 240-253, 1988.

[7] Khare, V. K., Khare, M. K., and Neema, M. L., "A Multi-goal Approach for Facilities Design Problem on Minimization of Backtracking", Industrial Engineering Journal (India), 14, pp. 54, 1985.

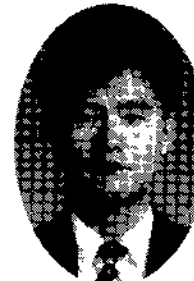
[8] Shtub, A., and Darei, E. M., "An Assembly Chart Oriented Assembly Line Balancing Approach", International Journal of Production Research, 28, 6, pp. 1137-1151, 1990.

[9] Ram, R and Brian, T., "Improving the Equality of Workload Assignments in Assembly", International Journal of Production Research, 28, 6, pp. 619-633, 1991.

[10] Talbot, F. B., Patterson, J. H., and Gehrlein, W. V., "A Comparative Evaluation of Heuristic Line Balancing Technique", Management Science, 32, 4, pp. 430-454, 1986.



이상영  
1994년 숭실대학교 산업공학과 학사  
1998년 전북대학교 산업공학과 석사  
현 재 전북대학교 산업공학과 연구원  
관심분야 품질공학, 품질경영, 산업안전 등



홍성훈  
1984년 고려대학교 산업공학과 학사  
1986년 KAIST 산업공학과 석사  
1991년 KAIST 산업공학과 박사  
현 재 전북대학교 산업공학과 부교수  
관심분야 품질공학, 품질정보시스템, 6 시그마 품질혁신 등



김진환  
1985년 전북대학교 전자공학과 학사  
1991년 전북대학교 전자공학과 석사  
1996년 전북대학교 전자공학과 박사과정  
현 재 전북지방중소기업청 기술지원과 연구원  
관심분야 공장 자동화

97년 6월 최초접수, 98년 9월 최종수정