

## 모델기반의 전자부품 FAB설비 생산기준정보 추정

강동훈<sup>1†</sup> · 김민규<sup>1</sup> · 최병규<sup>1</sup> · 박범철<sup>2</sup>

<sup>1</sup>한국과학기술원 산업공학과 / <sup>2</sup>삼성전자HDD 센터

### Model-based Estimation of Production Parameters of Electronics FAB Equipment

Dong-Hun Kang<sup>1</sup> · Min-Kyu Kim<sup>1</sup> · Byoung-Kyu Choi<sup>1</sup> · Bum-Chul Park<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Industrial Engineering, KAIST, Daejeon 305-701

<sup>2</sup>HDD Center, Samsung Electronics Co., Ltd.

In this paper, we propose a model-based approach to estimating production parameters of semiconductor FAB equipment. For FAB scheduling, for example, we need to know equipment's production parameters such as flow time, tact time, setup time, and down time. However, these data are not available, and they have to be estimated from material move data such as loading times and unloading times that are automatically collected in modern automated semiconductor FAB. The proposed estimation method may be regarded as a Bayes estimation method because we use additional information about the production parameters. Namely, it is assumed that the technical ranges of production parameters are known. The proposed estimation method has been applied to a LCD FAB, and found to be valid and useful.

**Keywords:** Model-based Estimation, Production Parameter, FAB Equipment, FAB Scheduling

#### 1. 서론

전자 부품 산업의 생산 라인은 초기 설비 투자 및 운영에 고비용이 투자되는 장치산업으로 생산 라인의 안정화와 효과적인 생산 계획에 따라 생산 능력 및 품질이 결정된다. 이로 인하여 효과적인 생산 계획을 수립하기 위해 생산라인의 상황을 반영하는 설비 생산기준정보를 정확하게 파악할 필요성이 부각되었다. 설비 생산기준정보(production parameters)는 일정계획 수립에 요구되는 설비의 시간 정보를 의미하는데

- 1) Flow-time( $\psi$ , 한 부품이 특정 설비에 투입된 후 나오는데 까지 걸리는 시간),
- 2) Tact-time( $\tau$ , 특정 설비에서 한 부품의 투입시점부터 다음 부품 투입시점까지 시간),
- 3) Setup-time( $\sigma$ , 부품 유형이 바뀔 때 추가로 소요되는 시간),
- 4) Down-time( $\delta$ , 예방보전 및 설비고장 등으로 설비의 운영이 중단된 시간)

등으로 구성된다.

<Figure 1>에서와 같이 설비 생산기준정보는 설비의 추가 및 이동, 견본 제품 투입과 신제품의 투입, 제품의 설계 변경 및 생산 라인의 작업 환경 변화에 따라 영향을 받는다(Choi, 2004). 하지만, 기존의 생산기준정보관리 방식은 다음과 같은 문제를 가지고 있어 항상 최신의 생산기준정보를 유지할 수 없는 상황이다.

- 1) 체계적인 기준정보관리의 부재  
체계적인 관리업무 프로세스와 지원 정보시스템의 부재로 인해, 설비 생산기준정보의 변화요인들을 관련 담당자(현장 설비 담당자, 설비 엔지니어 등)가 생산기준정보 관리자에게 알려주지 않으면 파악할 수가 없는 상황이다.
- 2) 새로운 상황에 대한 정보의 부재  
설비 구성의 변경이나 투입제품 변경이 설비 생산기준정보에 얼마나 영향을 주는지는 사전에 파악하기 어렵다.

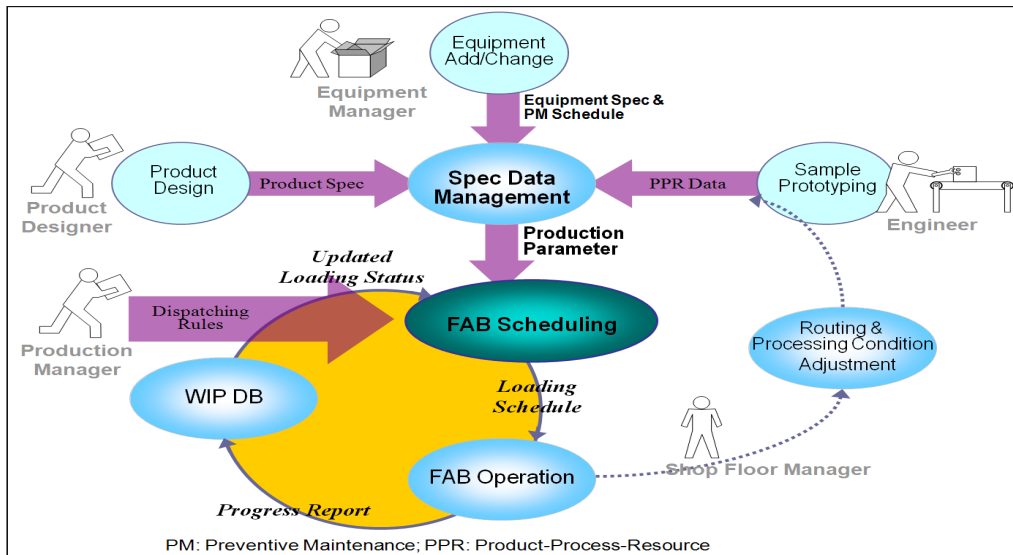


Figure 1. Spec Data Management Framework for FAB Scheduling

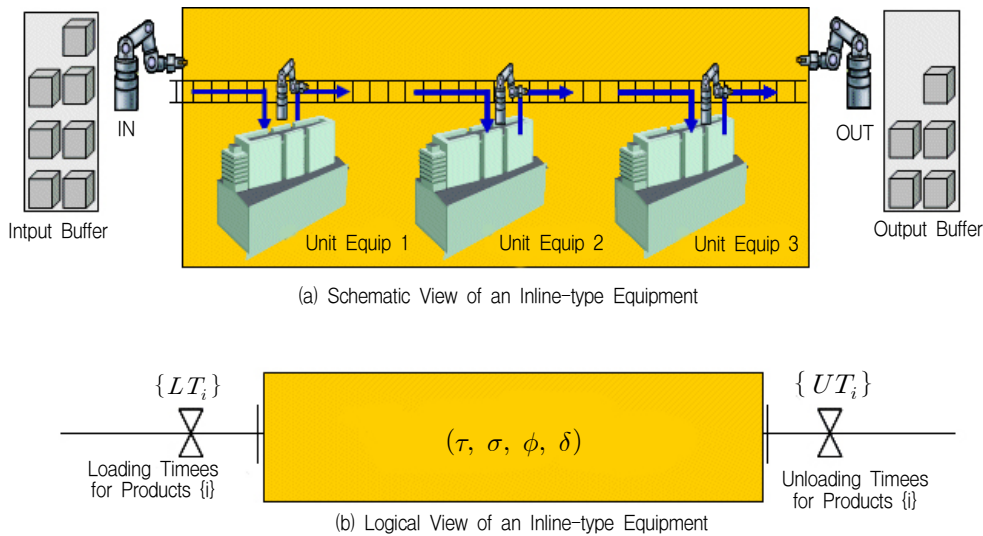


Figure 2. Production-Parameter Estimation Model for Inline-type Equipment

한편 최근 반도체 및 LCD 등의 전자부품 공장은 POP(point of production)시스템을 통하여 각 설비에 웨이퍼나 유리 기판이 올려(loading)지고 내려(unloading)지는 시점의 **물류흐름정보** (material move data)를 수집하고 있다. <Figure 2-a>는 inline 유형 설비의 예로, 입력 버퍼에서 투입로더에 의해 제품이 컨베이어에 투입이 되면, 컨베이어에 실려 이동되면서 3대의 ‘단위 설비(Unit Equipment)’를 순차적으로 거치면서 가공되어 다시 로더에 의해 출력 버퍼로 내려지는 설비를 나타낸다. 이 설비에 적용되는 생산기준정보의 모델이<Figure 2-b>에 묘사되어 있다. POP 시스템에서 수집된 개별 제품의 로딩 시각(LT<sub>i</sub>) 및 언로딩 시각(UT<sub>i</sub>)에 관한 자료, 즉 물류흐름정보로부터 생산 기준정보(flow-time  $\psi$ , tact-time  $\tau$ , setup-time  $\sigma$ , down-time  $\delta$ )를 추정해야 한다.

문제의 중요성에도 불구하고 POP 시스템으로부터의 물류 흐름정보를 활용하여 생산기준정보를 추정 할 수 있는 적절한 도구나 방법에 관한 연구는 많이 이루어지지 못하고 있다. 최근 한 논문에서 TFT-LCD 공장에서 공정별 실적자료(machine loading-time, unloading-time)로부터 표준시간(flow-time) 및 cycle-time을 계산하고 가설 검증을 실시하여 설비 공정능력의 변경 시점을 파악하는 로직을 제시하고 있다(Jeong and Lee, 2005). 이 논문에서는 Lot 진행 형태에 따라 설비특성을 분류하고, 각 설비특성마다 표준시간 계산식을 정의하여 산출하였으나, 표준시간 산출에만 초점을 맞춰 설비 특성을 Lot 진행 형태로만 분석하여 설비의 고장 및 가공준비 작업(setup)을 고려하지 않아 본 논문에서 추정하고자 하는 모든 생산기준정보(flow-time, tact-time, setup-time, down-time)를 산출할 수 없는

한계를 가지고 있다. Kim *et al.*(2005)은 다양한 할당 규칙(dispatching rule)의 성능을 평가하기 위한 시뮬레이션 모델을 개발하고 시뮬레이션을 수행하기 위해 필요한 공정시간을 추정할 수 있는 간단한 식을 제안하였다. 하지만 제안된 공정시간추정 식은 작업 준비시간(setup time) 및 평균 사이클 타임(tact time)등의 생산기준정보를 필요로 한다

Hsieh *et al.*(2001), Shikalgar *et al.*(2002), Potoradi *et al.*(2002), Upasani *et al.*(2006), Arisha and Young(2004), Lee *et al.*(1999)에서 반도체 웨이퍼 공정의 생산계획 수립을 위한 시뮬레이션에 대한 연구가 이루어 졌으나, 설비의 생산기준정보의 필요성 및 추정에 관한 연구는 찾아보기 힘든 실정이다

본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해 1) POP 시스템에서 얻어진 물류흐름정보로부터 적절한 구간 통계량(interval statistics)을 산출하고, 2) 대상 설비의 운영방식을 구간 통계량과 생산기준정보 간의 수리모형(mathematical model)으로 정의하고, 3) 생산기준정보에 대한 사전지식을 활용하여 수리모형으로부터 생산기준정보를 추정하는 방법을 제안하고자 한다.

본 연구의 제 2장에서는 POP 시스템에서 수집된 물류흐름정보로부터 설비 생산기준정보를 추정하는 방법을 제안하고, 제 3장에서는 현장 적용을 위한 소프트웨어 프로토타입 구현 사례를 제시한다. 마지막으로 제 4장에서는 본 연구의 결과를 설명하고 추후 연구 방향을 제시한다

## 2. 생산기준정보의 추정

생산기준정보의 추정을 위해 베이즈 추정(Bayes estimation) 개념과 이를 활용하기 위해 모델기반 접근법을 이용한다. 베이즈 추정은 추정하고자 하는 모수 $\theta$ 를 확률변수로 취급하여 이에 대한 사전정보를  $\theta$ 의 분포 형태로 표현하고, 이를 모수의 추정에 이용하는 추정 방법이다(Bae *et al.*, 2004). 모델기반 접근법은 관찰하고자 하는 실제 대상(physical world)을 수리모형(대상의 속성, 행동)으로 정의하고, 모형을 사용하여 대상을 제어, 감시 또는 분석하는 방법을 의미한다

본 연구에서는 생산기준정보를 모수(parameter)로 취급하고, 설비의 운영방식을 물류흐름정보로부터 산출 가능한 구간 통계량과 모수와의 관계로 표현하여 이를 수리모형으로 정의하고, 이로부터 생산기준정보의 기술적 범위를 사전정보로 활용하여 생산기준정보를 추정하고자 한다

제안하는 모델기반 접근법은 설비 운영방식을 고려하여 생산기준정보와 물류흐름정보의 구간 통계량의 관계를 정의한 수리모델로부터 추정하는 방법이므로, 기존 연구(Jeong and Lee, 2005)에서 적용한 방식에서 추정할 수 없었던 setup-time과 down-time을 산출할 수가 있다.

본 연구에서 제안하는 설비 생산기준정보 추정 절차는 1) 구간 통계량 및 추정할 생산기준정보 정의 2) 설비의 운영 방

식의 파악, 3) 통계적 수리모델 수립, 4) 추정규칙 및 순서 정의, 5) 생산기준정보의 추정으로 구성된다

### 2.1 구간 통계량 및 추정할 생산기준정보의 정의

POP 시스템으로부터의 특정 설비의 물류흐름정보는 <Table 1>과 같이 설비(Equipment ID), 이벤트(Event), 제품(Product ID), 제품군(Product Type), 발생 시간(Time) 등으로 구성된다. 그리고 수집되는 물류흐름정보는 제품을 설비에 올려놓는 시점을 나타내는 loading event와 설비에서 가공되고 내려지는 시점을 나타내는 unloading event로 구성된다.  $i$ 번째로 설비에 투입되는 제품의 loading event 발생 시간을  $LT_i$ , unloading event의 발생 시간을  $UT_i$ 라고 정의한다

Table 1. An Example of Material Move Data Obtained from POP System

Equipment ID	Event	Product ID	Product Type	Time
EQ1	Loading	P0000001	PT0001	2006-03-11 13:10:13
EQ1	Loading	P0000002	PT0001	2006-03-11 13:11:10
EQ1	Loading	P0000003	PT0002	2006-03-11 13:12:00
EQ1	Unloading	P0000001	PT0001	2006-03-11 13:40:13

생산기준정보의 추정을 위해 물류흐름정보로부터 산출할 수 있는 구간 통계량은 sojourn time, inter-loading time, inter-unloading time이다. Sojourn time( $Y_i$ )은 한 개의 제품이 특정 설비에서의 체류 시간을 나타낸다. Inter-loading time( $L_i$ )은 특정 설비에서 제품들이 투입되는 시간 간격을 나타내며, inter-unloading time( $U_i$ )은 특정 설비에서 제품들이 가공되어 나오는 시간 간격을 나타낸다. 식 (1)은 개별 통계량의 정의에 따라 물류흐름정보로부터 구간 통계량을 산출하는 식을 나타낸다.

$$\begin{aligned} S_i &= UT_i - LT_i \\ L_i &= LT_i - LT_{i-1} \\ U_i &= UT_i - UT_{i-1} \end{aligned} \quad (1)$$

### 2.2 설비의 운영방식 파악

구간 통계량으로부터 현장 상황에 맞는 생산기준정보를 추정하기 위해 설비 운영방식을 파악하고 이를 수리모델에 반영하도록 한다. <Figure 2-a>은 추정 대상인 inline 유형의 설비를 나타낸다. 이 설비는 3대의 단위설비와 이들 간의 물류 이송을

담당하는 컨베이어(conveyor)로 구성된다. 입력 버퍼에서 로더(robot)에 의해 제품이 컨베이어에 오르면 순서대로 단위설비 1, 2, 3을 거쳐 다른 로더에 의해 컨베이어에서 출력 버퍼로 내려진다. 입력 버퍼의 로더는 단위설비 1이 운영가능하고 컨베이어의 버퍼에 여유가 있을 때 투입 간격( $\lambda$ )마다 입력 버퍼에서 제품을 컨베이어로 올려놓는다. 단위설비 2에 투입되는 제품 A와 다음에 투입되는 제품 B의 종류가 다르다면 상황에 따라 가공준비 작업(소가공 준비: minor setup, 대가공 준비: major setup)을 수행하고 제품 B를 처리하며, 단위설비 1, 3은 투입되는 제품유형 변경에 따른 추가적인 가공준비 작업은 필요가 없다.

### 2.3 생산기준정보 추정을 위한 수리모델

생산기준정보를 추정하기 위해 물류흐름정보로부터 산출되는 구간 통계량(sojourn time, inter-loading time, inter-unloading time)을 생산기준정보(flow-time, tact-time, setup-time, down-time)에 관한 식으로 표현한다. 2.2절에서 파악된 inline 유형 설비의 운영방식을 고려한 구간 통계량의 식은 다음과 같다

Sojourn Time  $S_i$ :

$$S_i = \psi + x_1 \times (x_2 \times \sigma_1 + (1 - x_2) \times \sigma_2) + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (2)$$

Inter-Loading Time  $L_i$ :

$$L_i = x_0 \times \lambda + (1 - x_0) \times \tau + x_1 \times (x_2 \times \sigma_1 + (1 - x_2) \times \sigma_2) + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (3)$$

Inter-Unloading Time  $U_i$ :

$$U_i = \tau + x_1 \times (x_2 \times \sigma_1 + (1 - x_2) \times \sigma_2) + x_3 \times \delta + \varepsilon_i$$

where  $x_0, x_1, x_2, x_3 = 0, 1$  (4)

$\psi$  : Flow time,  $\tau$ : Tact time

$\sigma_1$  : Minor setup time,  $\sigma_2$ : Major setup time,  $\delta$ : Down time

$\lambda$  : loader의 투입간격(상수)

$x_i$  : 개별 생산기준정보를 구간 통계량에 반영 여부

식 (2)~식 (4)에서는 다음과 같은 <Figure 2-a>의 inline 유형 설비의 운영방식을 고려하였다

- 1) 로더는 일정 시간간격( $\lambda$ )마다 입력 버퍼의 제품을 컨베이어에 올려놓는다. 다만, 컨베이어에 제품을 올려놓을 수 있는 공간이 없으면 투입을 중지한다( $x_0$ ).
- 2) 동종의 제품을 연속 처리할 때는 가공준비 작업은 요구되지 않는다( $x_1$ ).
- 3) 설비는 처리되는 제품의 종류에 따라 소요되는 setup-time( $\sigma_1, \sigma_2$ )이 다르다( $x_2$ ).

- 4) 설비는 고장이나 유지보수로 인해 얼마간( $\delta$ )의 가동 중단이 될 수 있다( $x_3$ ).

식 (2)~식 (4)에서의  $x_i$ 는 위의 설비 운영방식을 고려하여 특정 구간 통계량에 대한 생산기준정보의 반영 여부를 나타낸다.  $x_0$ 는 inter-loading time이 상황에 따라 로더의 투입간격 또는 tact-time에 의해 영향을 받을 수 있음을 의미한다  $x_1$ 는 물류흐름정보가 설비의 가공준비 작업의 여부에 따라 영향을 받을 수 있음을 나타낸다.  $x_2$ 는 소가공 준비 또는 대가공 준비가 발생되어 물류흐름정보에 영향을 줄 수 있음을 의미한다  $x_3$ 는 설비 고장이나 예방점검을 실시하여 물류흐름정보에 영향을 받을 수 있음을 나타낸다.

### 2.4 추정 규칙 및 순서 정의

산출된 구간 통계량으로부터 생산기준정보를 추정하기 위해 추정 규칙을 마련해야 한다. 추정 규칙은 구간 통계량이 어떤 생산기준정보를 추정하는데 사용될 것인지를 구분하기 위한 것으로, 생산기준정보의 기술적 범위와 물류흐름정보에 의해 결정된다. 생산기준정보의 기술적 범위는 <Table 2>와 같이 설비 엔지니어가 정의한 설비 생산기준정보의 기술적 허용 범위를 의미한다.

**Table 2.** An Example of the Technical Ranges of Production Parameters

Production Parameters	Ranges
Tact Time( $\tau$ , sec)	$50 \leq \tau < 300$
Flow Time( $\psi$ , min)	$50 \leq \psi < 80$
Down Time( $\delta$ , min)	$5 \leq \delta$
Setup Time( $\sigma_1, \sigma_2$ , min)	$\sigma_1 = 10, \sigma_2 = 60$

우선 가공준비 작업의 여부를 물류흐름정보로부터 파악한다. 이는 개별 loading event( $LE_i$ )나 unloading event( $UE_i$ )로부터  $i$ 번째 제품의 제품군과  $i-1$ 번째 제품의 제품군이 다르면 가공준비 작업이  $i$ 번째 제품에서 발생한 것으로 간주한다. 식 (2)~식 (4)는 다음과 같이 가공준비 작업 여부에 따라 각각 두 개의 식으로 나누어 볼 수 있다.  $S_i^o, L_i^o, U_i^o$ 는 연속해서 같은 제품군의 제품이 투입되거나 가공되어 나오는 시점에서 산출된 구간 통계량을 의미하며,  $S_i', L_i', U_i'$ 는 설비의 가공준비 작업이 일어나는 시점에서 산출된 구간 통계량을 의미한다

Sojourn Time  $S_i$ :

$$S_i' = \psi + x_1 \times (x_2 \times \sigma_1 + (1 - x_2) \times \sigma_2) + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (2-1)$$

$$S_i^o = \psi + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (2-2)$$

Inter-Loading Time  $L_i$ :

$$L_i' = x_0 \times \lambda + (1 - x_0) \times \tau + x_1 \times (x_2 \times \sigma_1 + (1 - x_2) \times \sigma_2) + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (3-1)$$

$$L_i^o = x_0 \times \lambda + (1 - x_0) \times \tau + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (3-2)$$

Inter-Unloading Time  $U_i$ :

$$U_i' = \tau + x_1 \times (x_2 \times \sigma_1 + (1 - x_2) \times \sigma_2) + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (4-1)$$

$$U_i^o = \tau + x_3 \times \delta + \varepsilon_i \quad (4-2)$$

where  $x_0, x_1, x_2, x_3 = 0, 1$

$\psi$  : Flow time,  $\tau$ : Tact time

$\sigma_1$  : Minor setup time,  $\sigma_2$  : Major setup time,  $\delta$  : Down time

$\lambda$  : loader의 투입간격(상수)

$x_i$  : 개별 생산기준정보를 구간 통계량에 반영 여부

우선 가공준비 작업의 여부에 따라 구분되어진 두 개의 식 중에서 추정해야 하는 모수의 수가 적은 식을 사용하여 추정한다. 식 (4-2)의 inter-unloading time  $U_i^o$ 에서  $\tau$ (tact-time)과  $\delta$  (down-time)의 기술적 범위를 고려하면 <Figure 3>과 같이 inter-unloading time이 두 개의 구간으로 나누어진다.

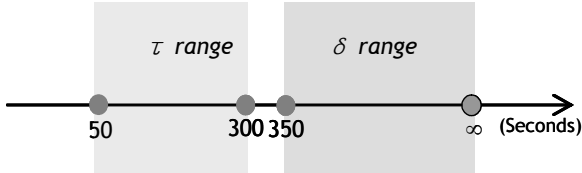


Figure 3. Technical Ranges for Tact-time( $\tau$ ) and Down-time( $\delta$ )

<Figure 3>에서 구간 통계량  $U_i^o$ 가  $1 > \tau > 0$ 의 구간(50 ~ 300초)에 포함되면 모두  $\tau$ 의 추정에 사용하고, 반면  $\delta$ 의 구간(350초 이상)에 위치하면,  $\tau$ 의 추정 값( $\hat{\tau}$ )을 뺀 값들의 평균을  $\delta$ 의 추정 값( $\hat{\delta}$ )으로 정의한다. 이를 정리하면 <Algorithm 1>과 같다.

<Algorithm 1>에서 추정 값  $\hat{\delta}$ 는 추정하려는 기간 동안의 해당 설비가 고장으로 인해 정상적으로 운영되기까지 걸린 평균 시간이 의미한다. 하지만 생산계획 수립을 위한 FAB 스케줄링을 위해서는 평균 고장시간보다는 설비 고장률( $\delta_r$ )이 필요하다.

<Algorithm 1>에서 어떤 제품이 투입되어 가공되었을 때 설비 운영이 중단되었는지를 파악할 수 있다( $I_\delta$ ). 이로부터 설비 운영이 중단되지 않은 상황을 가정하여 식(4-1)로부터 setup-time을 추정한다. 식 (4-1)에서  $x_1 = 1, x_3 = 0$ 인 경우 inter-unloading time은  $\tau, \sigma_1, \sigma_2$ 의 기술적 범위를 참조하면 <Figure 4>와 같이  $\tau, \sigma_1, \sigma_2$ 의 구간으로 나누어진다. 이를 이용해  $U_i'$ (가공준비 작업이 일어난 경우의  $i$ 번째 제품의 inter-unloading

time)의 값이  $\sigma_1(\sigma_2)$ 의 구간에 들어온 값들의 평균값을  $\hat{\sigma}_1(\hat{\sigma}_2)$ 로 정의한다.

**1. Initialization**

$$E_\tau = \emptyset, E_\delta = \emptyset$$

$E_U$  = set of inter-unloading-time stamps from operational data

$I_\delta$  = set of indexes of down events in the operational data

**2. Estimation of tact-time**

Foreach  $U_i^o$  in  $E_U$

    If  $U_i^o$  is bound to  $\tau$ 's range

$$E_\tau = E_\tau \cup U_i^o$$

    End If

End Foreach

$$\hat{\tau} = estimate(E_\tau)$$

**3. Estimation of down time**

Foreach  $U_i^o$  in  $E_U$

    if  $U_i^o$  is bound to  $\delta$ 's range

$$E_\delta = E_\delta \cup (U_i^o - \hat{\tau})$$

$$I_\delta = I_\delta \cup i$$

End Foreach

$$\hat{\delta} = average(E_\delta)$$

$$\delta_r = \sum(E_\delta) / Total\ Observed\ Time$$

**Function estimate(E)**

$$\bar{\alpha} = average(E)$$

$$\sigma_s = stddev(E)$$

$$E' = \emptyset$$

Foreach  $E_i$  in E

    if  $E_i$  is bound to  $\bar{\alpha} \pm 2\sigma_s$

$$E' = E' \cup E_i$$

End Foreach

$$\hat{E} = average(E')$$

return  $\hat{E}$

End Function

Algorithm 1. A Procedure of Estimating Tact-time and Down-time

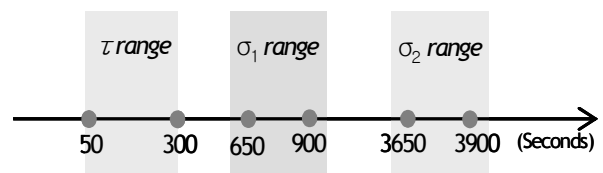


Figure 4. Technical Ranges for Tact-time( $\tau$ ) and Setup-times( $\sigma_1, \sigma_2$ )

이와 동일한 방법으로 식 (2-2)의 sojourn time으로부터 flow-time을 추정할 수 있다. 이를 정리하면 <Algorithm 2>와 같다.

---

**1. Initialization**  
 $E_{\sigma_1} = \emptyset, E_{\sigma_2} = \emptyset, E_{\psi} = \emptyset$   
 $E'_U =$  reduced set of inter-unloading time stamps from operational data,  
 $= \{U_i \in E_U | i \notin I_\delta\}$   
 $E'_S =$  reduced set of sojourn time stamps from operational data  
 $= \{U_i \in E_S | i \notin I_\delta\}$

**2. Estimation of flow-time**  
 Foreach  $U_i$  in  $E'_S$   
 if  $U_i$  is bound to  $\psi$ 's range  
 $E_{\psi} = E_{\psi} \cup U_i$   
 End Foreach  
 $\hat{\psi} = estimate(E_{\psi})$

**3. Estimation of setup-time**  
 Foreach  $U_i$  in  $E'_U$   
 Else if  $U_i$  is bound to  $\sigma_1$ 's range  
 $E_{\sigma_1} = E_{\sigma_1} \cup (U_i - \hat{\tau})$   
 Else if  $U_i$  is bound to  $\sigma_2$ 's range  
 $E_{\sigma_2} = E_{\sigma_2} \cup (U_i - \hat{\tau})$   
 End Foreach  
 $\hat{\sigma}_1 = average(E_{\sigma_1})$   
 $\hat{\sigma}_2 = average(E_{\sigma_2})$

---

**Algorithm 2.** A Procedure of Estimating Setup-time and Flow-time

Inter-loading time의 경우,  $\tau, \sigma_1, \sigma_2, \delta$ 을 추정하기 위해 식 (3-1) 및 (3-2), 생산기준정보의 기술적 범위를 사용할 수 있으나,  $\tau$ 의 추정에 있어서  $\lambda$ 의 영향으로 인해 정확한 추정을 할 수가 없다. 그러므로 <Figure 2-a>의 inline 유형의 설비 생산기준정보 추정은 다음의 순서로 이루어진다

- ① inter-unloading time에서 tact-time과 down-time을 추정하고 설비 고장률을 산출한다.
- ② sojourn time에서 flow-time을 추정한다.
- ③ inter-unloading time에서 setup-time( $\sigma_1, \sigma_2$ )를 추정한다.

이렇게 추정된 설비 생산기준정보는 FAB 스케줄링 시스템에서 실행 가능한 생산계획 수립을 위한 정보로 활용될 수 있다.

제안된 생산기준정보의 추정 절차 및 추정 알고리즘은 inline 유형의 설비를 대상으로 하고 있으나, 본 연구에서 제안한 추정 절차는 모든 설비를 대상으로 적용할 수 있다. 하지만, 생산라인의 모든 설비 유형에 대해 분석하여 추정할 생산기준정보, 수리모형, 추정 규칙 그리고 추정 순서를 정의해야 한다. 예를 들면, 로더와 단위설비 한 대로 구성된 table 유형의 경우에는 tact-time과 flow-time이 동일하고, 제품 투입과 동시에 공완료 제품을 회수하며, 가공준비 작업은 없다. 그러므로 in-

ter-loading time에서 down-time을 추정하고, sojourn time에서 flow-time을 추정하면 된다.

그리고 추정 규칙을 도출할 때, 생산기준정보의 기술적 범위에 의해 구분되어지는 특정 통계량의 구간들이 크게 중첩되어 나타나는 경우에는 추가적인 상황정보가 주어지지 않으면 추정이 불가능할 수도 있다.

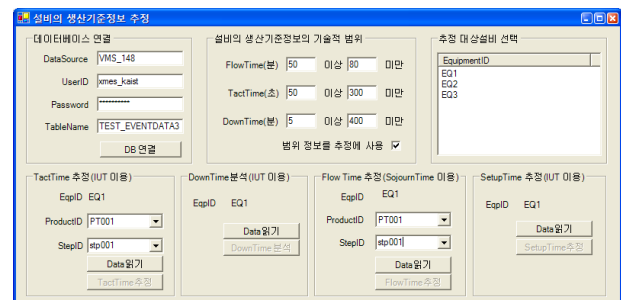
### 3. 생산기준정보의 추정 절차의 적용을 위한 소프트웨어 프로토타입 구현 사례

제 2장에서 제시된 생산기준정보의 추정 절차의 현장 적용을 통한 검증을 위해 S업체 생산 라인에서 일정기간 동안 수집된 물류흐름정보와 생산기준정보의 기술적 범위를 입력으로 한 추정 절차 및 알고리즘을 소프트웨어로 구현한 사례를 제시한다.

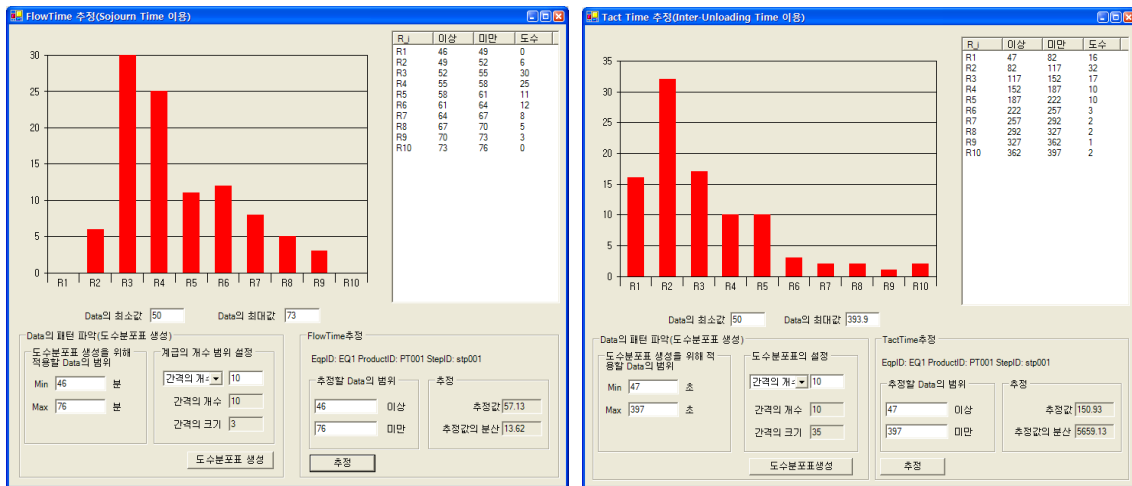
#### 3.2 적용 사례

<Figure 5>은 설비 생산기준정보 추정의 주 화면을 나타낸다. 추정에 사용될 설비 생산기준정보들의 기술적 범위를 설정하고, 물류흐름정보를 보관하고 있는 POP System의 데이터베이스에 연결하여 추정하고자 하는 설비 목록을 확인한다. 추정 대상설비 목록에서 생산기준정보를 추정하고자 하는 설비를 선택한다. 생산기준정보별로 물류흐름정보를 수집하고 추정을 하면 <Figure 6>와 같은 추정 결과 화면을 확인할 수 있다.

<Figure 6>의 개별 생산기준정보의 추정 결과화면에서는 추정 중간 단계에서 산출된 구간 통계량 중 어떤 범위에 속하는 구간 통계량을 설비 생산기준정보 추정에 사용할 것인지 사용자가 정의할 수 있도록 계급의 범위 및 개수 지정이 가능한 도수 분포표를 제공한다. 이를 통해 사용자는 계급의 범위 및 개수를 변경하여 구간 통계량의 분포를 확인하고 추정에 사용할 구간 통계량의 범위를 지정하여 불필요하다고 생각되는 범위의 통계량을 제거하고 설비 생산기준정보의 추정 값을 산출할 수 있다. <Figure 6-d>의 down-time 추정 결과 화면에서는 추가적으로 flow-time 대비 down-time의 비율을 제시하고 있다.

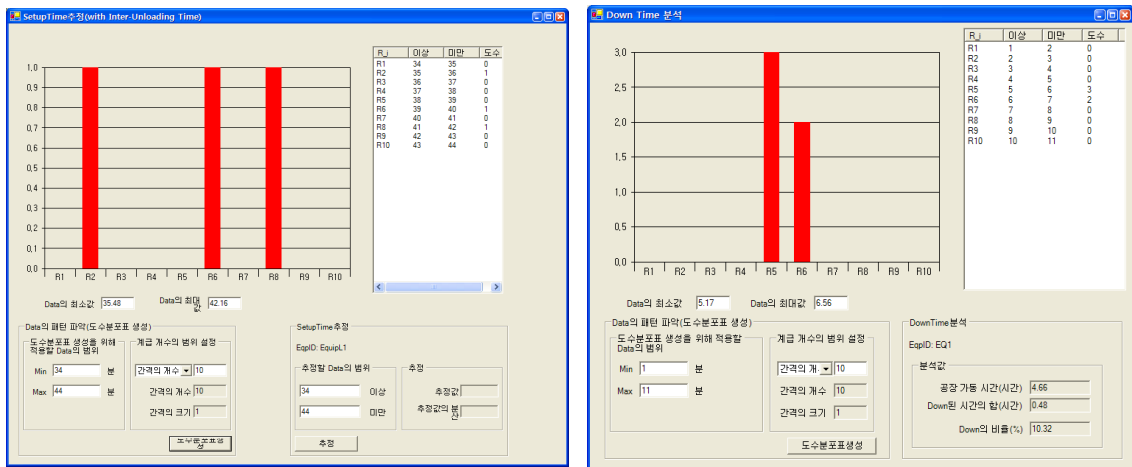


**Figure 5.** Main GUI of the Prototype System



(a) Result of Flow-time Estimation

(b) Result of Tact-time Estimation



(c) Result of Setup-time Estimation

(d) Result of Down-time Estimation

Figure 6. GUI for Production Parameter Estimation

소프트웨어 프로토타입의 구현을 통해 실제 생산 라인의 POP System으로부터의 물류흐름정보로부터 제2장에서 제시한 추정 절차 및 알고리즘을 적용하여 현장에서 적용 가능한 수준의 결과를 얻을 수 있었다.

### 6. 결론 및 토의

본 연구에서는 생산 계획의 정확한 수립을 위해 물류흐름정보로부터 설비의 생산기준정보(flow time, tact time, setup time, down time)를 추정하는 절차 및 알고리즘을 제안하고 이의 구현 사례를 제시하였다.

제안된 추정 절차 및 알고리즘은 베이스 추정의 개념에 기반을 두어 물류흐름정보로부터 산출한 구간 통계량과 설비 생산기준정보와의 관계를 수리모델로 정의하고 물류흐름정보 그리고 생산기준정보의 기술적 범위로부터 추정 규칙 및 순서

를 정의하고, 추정 규칙을 구간 통계량에 적용하여 생산기준 정보를 추정하는 방안을 제안하였다. 또한 이를 검증하기 위해 소프트웨어 프로토타입을 구현하였다.

본 논문에서 제시한 생산기준정보 추정 방법의 효과는 여건 상 검증하지 못하였으나, 현장에서 운영되는 최신의 생산기준 정보를 파악하여 일정계획을 수립하게 되면, 계획대비 실적 만족도가 높아지고, 동시에 납기 만족도가 증가될 것으로 기대된다.

제안된 추정 절차 및 알고리즘은 설비별 생산기준정보 추정에 국한되었지만, 제품별 설비의 생산기준정보의 추정에도 적용하여 생산계획 수립에 유용한 정보로 활용될 수 있다 또한 본래의 목적인 생산계획 수립을 위해 필요한 생산기준정보의 추정이외에도 설비의 성능 감시를 위해 사용될 수 있다

추후 연구로 1) 주기적인 추정보다 능동적으로 대응하기 위해 생산 라인의 운영환경 변화에 따른 생산기준정보의 변경 시점을 파악해 생산기준정보를 재추정하는 방안

가 필요하다. 이와 더불어 2) 생산기준정보의 추정 규칙을 수립하기 위해 사용된 생산기준정보의 기술적 범위는 설비 엔지니어가 제시하는 기술적 자료이다. 이 역시 운영환경 변화에 따라 기술적 범위를 재조정해 주는 방안을 모색할 필요가 있다.

## 참고문헌

- Arisha, A. and Young, P. (2004), Intelligent Simulation-based Lot Scheduling of Photolithography Toolsets in a Wafer Fabrication Facility, *Proceedings of the 2004 Winter Simulation Conference*, **2**, 1935-1942.
- Bae, D. S., Lee, N. Y., Kwon, H. M., Jang, J. S., Cha, M. S., Yoon, W. Y., Kim, M. S., and Lee, M. G. (2004), *Theory of Statistics and Application*, Chung-moon-gak, Seoul, Korea.
- Choi, B. K. (2004), *Samsung Electro-Mechanics MES ISP Report*.
- Hsieh, B. W., Chen, C. H., and Chang, S. C. (2001), Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication by Using Ordinal Optimization-Based Simulation, *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, **17**(5), 599-608.
- Jeong, I. J. and Lee, Y. S. (2005), A Case Study of the Development of Standard Production Information System in TFT-LCD Factory, *Journal of the Society of Korea Industrial and Systems Engineering*, **28**(1), 41-48.
- Kim, K. Y., Lee, J. H., Kang, C. H., and Kim, K. H. (2005), A Simulation Study for Analyzing an on-Demand Semiconductor Wafer Process, *IE Interfaces*, **18**(1), 22-34, March 2005.
- Lee, Y. H., Cho, H. M., Park, J. K., Lee, B. K. (1999), *Scheduling Simulator for Semiconductor Fabrication Line*, *IE Interfaces*, **12**(2), 437-447.
- Potoradi, J., Boon, O. S., Mason, S. J., and Fowler, J. W. (2002), Using Simulation-based Scheduling to Maximize Demand Fulfillment in a Semiconductor Assembly Facility, *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, **2**, 1857-1861.
- Shikalgar, S. T., Fronckowiak, D., and MacNair, E. A. (2002), 300mm Wafer Fabrication Line Simulation Model, *Proceedings of the 2002 Winter Simulation Conference*, **2**, 1365-1368.
- Upasani, A. A., Uzsoy R., and Sourirajan, K. (2006), A Problem Reduction Approach for Scheduling Semiconductor Wafer Fabrication Facilities, *IEEE Transactions on Semiconductor Manufacturing*, **19**(2), 216-225.