

샘플링 검사를 통한 경제적 공정 목표 값 결정에 관한 연구

이동철* · 윤덕균**

Determination of the Economical Target Value Through Sampling Inspection

Dong-Chul Lee* · Deok Kyun Yun

■ Abstract ■

We consider the determinant of the most economical target value through the sampling inspection by two consecutive machines. The machine sequence is fixed as products have to be processed by machine 1 first and then by machine 2 next.

In this paper, we assume that if quality of a unit is lower than inspection lower specification limited, then the goods is not accepted. Otherwise, it is accepted. And we assume that the quality characteristic is larger-the-better characteristic and its distribution is the normal distribution whose standard deviation is known.

This paper ends up with an numerical example by using the total expected profit function model that consider the scales profits, inspection costs and material costs. And we analyze the variation of the total expected profit by changing coefficients of the functions.

1. 서 론

기존에는 전수검사를 고려한 연구가 많이 수행되었으나, 전수검사는 이에 소요되는 시간, 노력, 비용 등을 고려할 때 바람직하지 않은 경우가 많으며, 검사의 성질상 불가능한 경우도 있다. 또한, 전

수검사의 경우 모든 제품을 검사한다는 안도감 또는 권태감 등으로 인하여 검사가 부정확하게 되어 검사의 신뢰성이 떨어지는 경우가 많다. 즉, 불량품·양품에 대한 구별이 잘못되는 경우가 많다. 따라서 전수검사라 하여도 완벽한 로트가 얻어지는 것은 아니다.

* 한국전산원

** 한양대학교 산업공학과

반면, 샘플링 검사의 경우에는 채취된 시료에 대하여 충분히 정확하게 검사할 수 있기 때문에 검사의 신뢰성이 높아지는 경우가 많다. 또한, 샘플링 검사는 시료의 검사 결과가 로트전체의 합격·불합격을 결정하고 불합격된 로트전체가 폐기처분, 또는 재작업 될 것이므로 생산자는 불량품이 가능한 한 섞이지 않도록 노력하게 될 것이다. 이러한 점을 감안하여 본 논문에서는 전수검사기법보다는 샘플링기법을 통한 공정 목표 값을 결정하는 문제에 관한 연구를 수행한다.

1.1 기존연구 고찰

기존 연구들에서는 기본적으로 품질 특성치는 정규분포를 따른다고 가정하여 왔고, 표준편차는 이미 알고 있다는 가정을 갖는다. 또한, 일반적으로 전수 검사를 통해 제품을 합격·불합격으로 판정하였다.

Hunter and Kartha[2]는 전수 검사를 통하여 규격 하한을 만족시키는 제품은 정상 판매가로 판매되고, 규격 하한을 만족시키지 못하는 불합격품은 할인 판매가로 판매되는 경우를 고려하여 규격 하한과 공정 평균과의 차이를 최적화를 연구하였다.

Carlsson[9]은 Hunter and Kartha [2]의 연구를 확대시켜 고정비를 변동비를 포함하고, 고객이 양질에 대해서는 별도 요금을 지불하고 불량에 대해서는 보상을 받는 이익 함수를 포함하는 연구를 수행하였다.

Golhar[10]는 캔에 내용물을 담은 공정을 가정하여 규격에 미달하는 불량품을 할인 판매하기 어려운 경우, 불량품은 캔을 비워 재가공하고, 검사 규격 하한을 초과하는 제품은 정상 판매가로 판매하는 경우를 고려하여 최적 공정 목표값을 정하는 연구를 수행하였다.

Bettes [8]는 규격 상한치와 하한치가 모두 주어질 때 최적의 Target Value를 선정하는 문제를 연구하였다.

Chen and Chung[13]는 중량의 측정에 의해서

규격 하한에 미달이면 불량품으로 판정, 할인 판매가로 판매되고 양품인 경우 정상 판매가로 판매되는 경우, 공정에 대한 최적 공정 평균과 최적 생산 주기를 동시에 결정하는 문제를 연구했다.

Boucher and Jafari[3]는 생산라인에서 자동 filling 공정에 대한 가장 경제적으로 효과적인 공정 목표 값을 선택하는 문제를 소개하였다. 이들 역시 Hunter and Kartha[2]의 모델을 이용하였으나 대부분의 경우 전수 검사를 가정하였던 반면에, 샘플링 검사를 하여 공정 목표 값을 정하였다.

Arcelus and Rahim[5]는 주어진 제품의 계수형과 계량형 품질 특성의 joint control 문제를 고려했다. 이 연구의 목적은 제품당 기대 이익을 최대한으로 하기 위하여 각 품질 특성치들에 대한 Target Value들을 동시에 결정하기 위함이었다.

Golhar and Pollock[12]는 Golhar[10]의 가정에서 검사 규격 하한에 미달되는 제품과 검사 규격 상한을 넘는 제품을 모두 재가공하는 경우에 이익을 최대한으로 하는 최적 공정 목표 값과 검사 규격 상한을 동시에 결정하는 문제를 다루었다.

Chen[6]은 공정의 품질 개선은 보통 완성된 제품의 변동과 공정 실패율을 감소시킴으로서 달성할 수 있다고 정의하였다.

Chen and Chung[7]은 검사의 오류를 고려한 상태에서 생산 공정에 이익을 최대한으로 하게 하는 최적의 공정 목표 값과 최적의 측정 수준을 결정하기 위한 경제적 모델을 제시하였다.

Schmidt and Pfeifer[11]는 Golhar[10]의 모델을 공정 분산 감소의 경제적 효과를 평가하는데 이용하였다.

Al-Sultan[4]는 두 대의 기계를 거쳐 가공되는 시스템에서 품질 특성치의 측정값이 규격하한보다 낮다면, 그 제품은 기계 1에서 나온 것인지 기계 2에서 나온 것인지에 따라 할인 판매가를 다르게 적용하여 판매되는 모델을 제시하였다.

본 논문에서는 Al-Sultan[4]의 논문을 기초로 해서 새로운 샘플링 기법을 적용하여 소비자에게 보다 만족스러운 제품을 제공하면서 생산자에게 최

대 이익을 줄 수 있는 공정 목표 값을 결정하는 방법을 제시한다.

2. 시스템 정의 및 모형화

2.1 시스템의 정의

본 논문에서 제시하는 시스템은 구리를 녹여 전화선을 만들어 출하하는 시스템이다. 제품이 양품이기 위한 최소한의 무게는 각 제품에 따라서 정해진다. 최소 무게를 기준으로 하여 검사가 수행되고 최소 무게를 검사규격 하한이라 정의한다. 공정이 엄격하게 관리된 상태하에서도 발생하는 어느 정도의 불가피한 변동을 주는 원인인 우연원인은 발생하기 마련이고 이러한 이유로 공정 평균을 중심으로 산포들이 생기게 마련이다. 따라서, 생산자는 공정 평균값을 검사 규격 하한보다 높게 책정하여 불합격품의 수를 줄이고 합격품의 수를 늘이는 방향으로 공정의 평균을 결정하기가 쉽다. 그러나, 공정 평균이 규격 하한보다 높게 책정이 되면, 원재료의 소비가 증가한다. 즉, 규격 하한 이상의 값과 해당 제품의 무게와의 차이만큼의 원재료가 낭비되는 것이라 할 수 있다. 이러한 낭비의 양은 공정 평균을 재책정해야 할만큼 증가할 수 있다. 이와 반대로, 원재료의 낭비를 막기 위해 공정 평균을 검사 규격 하한과 너무 근접하게 책정하면 공정 평균 주위의 산포 때문에 불량품의 수가 증가하게 될 것이다. 이러한 이유 때문에 공정 평균의 결정은 생산자의 이익을 최대화 하기 위한 중요한 요소라 할 수 있다. 이렇게 작업자가 또는 회사 정책 등이 목표로 하는 구리나 전화선의 무게를 공정 목표 값(Target Value)이라 하고, 이를 최적화하여 총 기대이익을 최대화하고자 한다.

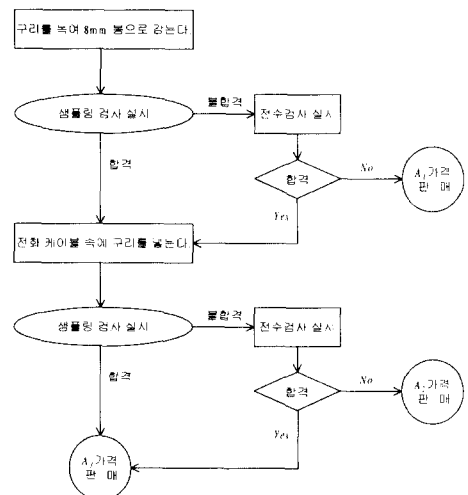
고려하는 시스템의 품질 특성치, X_i 는 구리나 전화선의 무게를 나타내는 확률 변수이다. 양품·불량품을 구분하는 기준은 각 제품이 검사 규격 하한에 미치는가의 여부에 달려 있다. 그리고 생산된 로트

(N)에서 샘플 n_1 개와 n_2 개를 추출하여 검사를 실시하며, 정밀한 검사장비를 사용하여 검사를 실시하므로 검사 오류는 존재하지 않음을 가정한다. 발견된 불량품은 할인가로 판매가 되고, 양품은 정상으로 판매된다. 또한, 샘플에서 발견된 불량품의 수가 허용 한계 불량품의 수를 초과하는 경우는 해당 로트를 불량으로 판정하며 해당 로트에 전수 검사를 실시하여 각각 양품·불량품으로 나누어 판매하게 된다.

2.2 시스템의 가정

본 시스템은 계량형 샘플링 검사 시에 일반적으로 적용되는 다음의 가정을 기초로 한다.

- (1) 품질 특성치 X_1 과 X_2 는 각각 평균이 μ_1 과 μ_2 이고, 분산이 σ_1^2 과 σ_2^2 인 정규분포를 따른다.
- (2) 공정의 표준편차는 기지(既知)이다.
- (3) 가격의 크기는 $A_1 < A_2 < A_3$ 이다. ((그림 1) 참조)
- (4) 기계의 순서는 고정되어 있다. (기계 1을 거쳐야만 기계 2로 갈 수 있다.)
- (5) 자재비용은 제품의 특성치에 비례한다.



[그림 1] 시스템 모형도

2.3 시스템의 모형화

본 절에서는 앞 절에서 설명한 시스템을 주어진 가정에 따라 총 기대이익(Total expected profit)을 최대화하는 모형을 수립한다.

2.3.1 기호 정의

X_i : 기계에 의해 처리된 후의 i 번째 특성의 값
(random variable $i = 1, 2$)

L_i : i 번째 제품특성의 규격하한(given)($i = 1, 2$)

C_i : i 번째 제품특성의 개당 자재비용($i = 1, 2$)

C_I : 개당 검사비용

μ_i : 기계 i 에 대한 공정평균 ($i = 1, 2$)

σ_i^2 : 기계 i 에 대한 공정분산 ($i = 1, 2$)

N : 로트 크기(Lot size)

n_i : 기계 i 에서 샘플링에 대한 샘플크기($i = 1, 2$)

c : 불량품

d_i : 허용 가능한 불량한도 갯수

D_i : 각 샘플에서 발견된 불량품수

A_1 : 기계 1에서 불합격된 제품의 개당 할인가

A_2 : 기계 2에서 불합격된 제품의 개당 할인가

A_3 : 최종 합격된 제품의 개당 정상 판매가

$\phi(X_i)$: standard normal density function

$\Phi(X_i)$: standard normal cumulative function

$E(\mu_1, \mu_2)$: μ_1 과 μ_2 가 특정한 값으로 정해져 있을 때 기대되는 총 이익

2.3.2 수리 모형 수립

본 연구에서는 단위 제품 당 총 기대이익을 최대화하는 문제의 해법을 통하여 공정 목표 값인 최적 공정 평균을 산출해 내고자 한다.

(1) 공정의 불량률

본 연구는 품질특성치의 무게가 검사 규격 하한에 미치지 못하는 경우 불량으로 판정하므로 다음

과 같이 산출할 수 있다. 앞 절의 가정에서 언급한 바와 같이 품질 특성치는 평균이 μ_i 이고 분산이 σ_i^2 인 정규 분포를 따르므로 불량률 q_i 는 확률 변수 X_i 가 원재료의 무게이므로 $X_i < 0$ 인 경우는 존재하지 않는다. 그러므로, 다음과 같이 (1)식을 정의할 수 있다.

$$\begin{aligned} q_i &= P_r(X_i < L_i) = \int_0^{L_i} f(x_i) dx_i \\ &= \Phi(-Z_i) \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, $Z_i = \frac{\mu_i - L_i}{\sigma_i}$ 이다.

(2) 로트의 불량률

로트가 불량일 확률은 표본 공간이 제품의 합격·불합격 두 개의 요소로 이루어져 있는 상호배반인 사건에 대한 확률이므로 다음과 같이 이항 분포를 이용한 정의가 가능하다.

$$P_r(D_i > d_i) = 1 - \sum_{c=0}^{d_i} \binom{n_i}{c} \cdot q_i^c \cdot (1 - q_i)^{n_i - c} \quad (2)$$

여기서, $0 \leq q_i \leq 1$ 이다.

(3) 총 기대 이익

μ_i 는 X_i 의 기대값이고, C_i 는 품질특성치의 개당 자재비용이므로 로트당 기대되는 자재 비용은 $N \cdot \mu_1 \cdot C_1 + N \cdot P_r(D_1 \leq d_1) \cdot \mu_2 \cdot C_2$ 이다. 총 기대 이익 함수는 앞에서 정의한 기계 1과 2에서 로트당 합격될 때의 기대 이익과 불합격될 때의 기대 이익의 합에서 자재 비용을 뺀 값이 될 것이다. 다음에서 이 식을 정의하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} E(\mu_1, \mu_2) &= P_r(D_1 \leq d_1) \{ N \cdot P_r(D_2 \leq d_2) \cdot A_3 \\ &\quad - n_1 \cdot C_1 - n_2 \cdot C_1 \\ &\quad + (N - N \cdot q_2) \cdot P_r(D_2 > d_2) \cdot A_3 \\ &\quad + N \cdot q_2 \cdot P_r(D_2 > d_2) \cdot A_2 - N \cdot C_1 \} \\ &\quad + P_r(D_1 > d_1) \{ N \cdot q_1 \cdot A_1 - N \cdot C_1 - n_2 \cdot C_1 \\ &\quad + N_2 \cdot P_r(D_2 \leq d_2) \cdot A_3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &+ N_2 \cdot q_2 \cdot P_r(D_2 > d_2) \cdot A_2 \\
 &- N \cdot C_1 + (N_2 - N_2 \cdot q_2) \cdot P_r(D_2 > d_2) \cdot A_3 \} \\
 &- N \cdot \mu_1 \cdot C_1 - N \cdot P_r(D_1 \leq d_1) \cdot \mu_2 \cdot C_2 \quad (3)
 \end{aligned}$$

단, $N_2 = N - N \cdot q_1$ (1차 샘플링검사에서 불합격되어 전수검사를 실시, 양품으로 판정된 제품)이라 치환함.

위의 모든 수식은 검사 규격 하한이 정해져 있을 때 공정 평균에 종속적이다. 따라서, 공정 평균 값이 얼마로 책정하는 것이 총 기대이익을 최대로 만드는가를 결정할 수 있는 결정 변수가 된다. 다음 장에서는 총 기대이익이 최대가 되게 하는 공정 평균을 구하는 해법과 절차를 다루기로 한다.

3. 최적해 결정

본 장에서는 앞장에서 제시한 모델을 통하여 총 기대이익을 최대화하는 목적식을 만족시키는 공정 목표 값 μ_i^* 를 결정하는 절차를 제시한다. 최적화의 조건 중에서 필요조건만을 고려하는데, 식 (4)에서와 같이 각각 편미분하여 0이 될 때가 구하고자 하는 공정 목표 값인 μ_i^* 가 된다.

$$\frac{\partial E(\mu_1, \mu_2)}{\partial \mu_i} = 0 \quad (4)$$

3.1 불량률 q_i 에 대한 미분식

앞 절에서 살펴본 바와 같이 불량률은 공정 평균값에 따라 결정되는 변수이므로 다음과 같은 미분식의 유도가 가능하다.

$$\frac{\partial q_i}{\partial \mu_i} = \frac{\partial}{\partial \mu_i} \Phi(-Z_i) = -\frac{1}{\sigma_i} \phi(Z_i) \quad (5)$$

3.2 로트의 불량률에 대한 미분식

q_i 에 의해 결정되는 확률 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial P_r(D_i > d_i)}{\partial \mu_i} = & \\
 -n_i \frac{1}{\sigma_i} \phi(Z_i) \left[\binom{n_i}{c} \cdot q_i^c \cdot (1-q_i)^{n_i-c} \right] & \quad (6)
 \end{aligned}$$

3.3 총 기대이익함수의 μ_i 에 대한 미분식

본 절에서는 총기대 이익을 구하기 위하여 식(3)을 각각 μ_1 과 μ_2 로 미분한 값이 0이 되는 점을 구해 보도록 한다. 이 때 다음의 식 두 개를 0으로 만들 때의 μ_1 과 μ_2 의 값이 본 연구에서 구하고자 하는 공정 목표 값이 된다.

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial E(\mu_1, \mu_2)}{\partial \mu_1} = & \\
 -n_1 \frac{1}{\sigma_1} \phi(Z_1) \left[\binom{n_1}{c} q_1^c (1-q_1)^{n_1-c} \right] \cdot & \\
 [N \cdot q_1 \cdot A_1 - N \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot P_r(D_2 > d_2) \cdot A_2 & \\
 + N \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot P_r(D_2 > d_2) \cdot A_3 & \\
 - N \cdot q_1 \cdot A_3 + n_1 \cdot C_1 - N \cdot C_1 & \\
 + N \cdot q_1 \cdot C_1 + N \cdot \mu_2^* \cdot C_2] & \\
 - N \cdot C_1 = 0 & \quad (7)
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \frac{\partial E(\mu_1, \mu_2)}{\partial \mu_2} = & \\
 -n_2 \frac{1}{\sigma_2} \phi(Z_2) \left[\binom{n_2}{c} \cdot q_2^c \cdot (1-q_2)^{n_2-c} \right] \cdot & \\
 \{q_2 \cdot A_2 - q_2 \cdot A_3 - P_r(D_1 > d_1) \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot A_2 & \\
 + P_r(D_1 > d_1) \cdot q_1 \cdot q_2 \cdot A_3\} & \\
 - C_2 \cdot P_r(D_1 \leq d_1)] \cdot N = 0 & \quad (8)
 \end{aligned}$$

4. 수치예제 및 분석

본 장에서는 Al-Sultan[4]의 논문에서 고려되었던 예제를 이용한다. 또한, Al-Sultan[4]의 논문에서 고려하지 않았던 검사비용을 본 논문에서는 고려하였기 때문에 검사비용을 변화시키며, 이 때의 공정 평균값과 총 기대이익의 변화를 분석하고자 한다.

4.1 수치예제

본 연구에서는 전화선을 만드는 공정의 경우를 고려하였다. 또한, 품질 특성치는 구리와 전화선의 무게로 정의하며, 앞장에서 제시한 시스템을 통하여 수치예제를 풀어 최적의 공정 목표값을 구한다.

본 예제에서는 로트 크기(N)는 100개, 그리고 표본의 크기(n_i)는 각각 10개씩을 채취하여 검사를 한다. 검사 규격 한계(L_i)는 각각 8(ounce)이며, 검사 규격 하한에 미치지 못 미치는데에 따라서 해당 제품의 합격·불합격이 결정된다. 또한 불합격 제품의 수(D_i)가 허용 불량품의 수(d_i)를 초과하는 경우 해당 로트는 각 기계에서 불합격 판정을 받으며, 각각 전수검사를 통해 불합격품과 합격품을 가려낸다. 이때의 허용 불량품 수는 각각 1개로 한다. 합격의 경우 정상가(A_3)인 32\$(이하 모든 단위는 \$이다)로 판매되고, 기계 2에서 불합격의 경우 할인가(A_2)인 15를 받고, 기계 1에서 불합격의 경우 할인가(A_1)인 7을 받고 판매한다. 또한, 자재비는 Ounce당 기계 1에서는 1, 기계 2에서는 2만큼 소비된다. 검사비용은 제품당 1만큼의 비용이 소비된다. 본 예제의 품질 특성치는 정규 분포를 따른다고 가정하며 이 때, 표준 편차(σ_i)는 1이다.

위 예제의 풀이과정 중 식 (7)과 식 (8)의 계산이 복잡하므로 컴퓨터 프로그램을 이용하여 구하였으며, 수치예제의 최적해는 다음과 같이 나왔다.

N	100	q_1	0.0798
n_1	10	q_2	0.119
n_2	10	μ_1	9.406
d_1	1	μ_2	9.178
d_2	1	$E[\mu_1, \mu_2]$	373.742

4.2 분석

본 절에서는 앞 절에서 언급한 대로 각 계수의

값들을 변화시켜 각 공정 목표 값과 총 기대이익 등에 미치는 영향을 도표를 통해 살펴보도록 한다.

4.2.1 샘플 크기와 허용 불량품 수의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

본 절에서는 샘플크기(n_i)와 허용 불량품 수(d_i)의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화를 정리하였다. <표 1>에서 보듯이 같은 샘플의 크기의 경우 허용 불량품의 수가 많아질수록 그 검사는 수월한 검사가 되므로 공정 평균의 값은 검사 규격 한계와 가까워지고 불량률이 증가한다. 또한 해당 로트의 합격률이 증가하게 되므로 정상가를 받고 판매되는 로트도 증가할 것이고, 따라서 검사비용은 감소하게 되므로 총 기대 이익은 증가하게 될 것이다. 표본의 크기가 증가하는 경우는 허용 한계가 기존의 허용 한계와 같은 수로 정의되어 있다면, 검사는 더 까다로운 검사가 되므로 최대 이익을 내기 위해서는 공정 목표 값이 더욱 높게 선정되어야 한다. 또한 표본의 크기가 커질수록 검사 비용이 많이 소요되므로, 총 기대이익은 더욱 더 낮아질 것이다.

<표 1> 샘플 크기와 허용 불량품 수의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

N	n_i	d_i	q_1	q_2	μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$
100	10	0	0.022	0.079	10.014	9.414	264.396
100	10	1	0.080	0.119	9.406	9.178	373.742
100	10	2	0.165	0.130	8.976	9.128	452.313
100	20	0	0.010	0.049	10.314	9.652	199.326
100	20	1	0.040	0.060	9.754	9.556	284.918
100	20	2	0.075	0.085	9.438	9.372	351.517
100	30	0	0.007	0.035	10.450	9.808	151.973
100	30	2	0.052	0.065	9.630	9.514	285.275
100	30	5	0.130	0.118	9.126	9.184	396.067

4.2.2 판매가의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

본 절에서는 정상가는 그대로 둔 채로 할인가의

가격을 각각 50%정도씩 높였을 때 그 변화를 살펴 보는 실험을 수행하였다. <표 2>에서처럼 A_1 가 가격을 50%올렸을 경우 ($A_1 = 11$)에는 기존의 값들과 거의 일치하였으나 A_2 가격을 50%올렸을 경우 ($A_2 = 23$)에는 기존의 공정 평균값들보다 더 낮아졌는데, 이것은 직접적으로 정상가격으로 결정이 되는 곳이므로 공정의 관리가 매우 엄격해질 것이다. 즉 까다로운 검사를 실시하게 되므로 제품의 할인가가 더욱 올랐더라도 제품 공정의 불량률은 그대로 유지하여 정상가의 제품이 많이 생산되도록 하여 검사의 비용을 절감하는 데 유리하게 작용하기 때문이다.

<표 2> 판매가의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화(단위 : \$)

N	n_i	d	$A_1=11, A_2=15, A_3=32$			$A_1=7, A_2=23, A_3=32$		
			μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$	μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$
100	10	0	10.014	9.414	264.396	10.000	9.284	300.899
100	10	1	9.406	9.178	380.566	9.406	9.178	402.742
100	10	2	8.976	9.128	466.313	9.014	8.754	476.972
100	20	0	10.314	9.652	200.314	10.274	9.410	234.764
100	20	1	9.754	9.556	287.611	9.764	9.282	313.998
100	20	2	9.438	9.372	356.517	9.456	9.296	374.331
100	30	0	10.450	9.808	151.973	10.450	9.240	198.591
100	30	2	9.630	9.514	289.275	9.624	9.232	308.161
100	30	5	9.126	9.184	406.067	9.114	9.044	421.960

4.2.3 로트 크기의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

본 절에서는 로트 크기에 따른 공정 목표값의 변화를 살펴본다. <표 3>에서처럼 로트 크기가 더 큰 경우에 표본의 크기가 같고 허용 한계가 같다면, 이는 상대적으로 더 까다로운 검사를 실시하는 것으로 생각할 수 있다. 이러한 변화는 공정의 불량률을 더욱 낮추는 방향으로 움직일 것이다. 따라서 공정 목표 값은 로트 크기가 클수록 높게 나타난다. 이는 자재의 소요 비용보다 합격 판정을 받은 후 발생하는 이익이 훨씬 높게 증가하므로 공정의 총 기대이익은 로트 크기의 비율만큼을 곱한 것

보다 더 높게 나타날 것이다. 따라서 제품의 자재 비용이 더 소모된다 하더라도 더욱 높은 공정 목표 값이 선호되는 것을 알 수 있다.

<표 3> 로트크기의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

n_i	d	N = 100			N = 1000		
		μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$	μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$
10	0	10.014	9.414	264.396	10.016	9.572	2835.576
10	1	9.406	9.178	373.742	9.388	9.324	4004.461
10	2	8.976	9.128	452.313	9.012	9.106	4878.302
20	0	10.314	9.652	199.326	10.290	9.718	2314.591
20	1	9.754	9.556	284.918	9.754	9.500	3239.169
20	2	9.438	9.372	351.517	9.434	9.394	3904.287
30	0	10.450	9.808	151.973	10.428	9.710	2043.598
30	2	9.630	9.514	285.275	9.636	9.528	3401.427
30	5	9.126	9.184	396.067	9.130	9.222	4631.338

4.2.4 검사비용의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

본 절에서는 검사비용의 변화에 따른 변동을 살펴본다. <표 4>에서처럼 검사비용이 증가함에 따라 μ_1 의 값이 대체로 조금씩 높게 선정된다. 그 이유를 살펴보면, 해당 로트가 기계 1에서 불량으로 판정이 날 경우 기계 2로 가기 전에 전수검사를 실시하여 양품과 불량품을 가려내는 시스템이므로 더 좋은 값으로 팔리기 위해 더 높은 공정 목표값

<표 4> 검사비용의 변화에 따른 공정 평균값과 총 기대이익의 변화

n_i	d	$C_I = 1$			$C_I = 2$		
		μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$	μ_1	μ_2	$E[\mu_1, \mu_2]$
10	0	10.014	9.414	264.396	10.044	9.414	133.682
10	1	9.406	9.178	373.742	9.384	9.178	242.566
10	2	8.976	9.128	452.313	8.986	9.132	322.278
20	0	10.314	9.652	199.326	10.314	9.652	49.326
20	1	9.754	9.556	284.918	9.746	9.556	136.338
20	2	9.438	9.372	351.517	9.456	9.296	202.331
30	0	10.450	9.808	151.973	-	-	-
30	2	9.630	9.514	285.275	9.624	9.232	141.161
30	5	9.126	9.184	396.067	9.114	9.044	254.960

에 의한 자재의 소요 비용 보다 검사 비용의 소모가 더 크게 나타나기 때문이다. 만약, 자재의 비용이 검사 비용보다 더 크게 작용을 한다면, 공정 목표값은 더 낮아질 것이다.

5. 결 론

본 연구는 Al-Sultan[4]의 연구에 검사비용을 고려하였고, 합격·불합격 로트의 처리 개선을 통해 공정 평균값들을 최적화하였다. 또한 이익을 최대로 하는 공정 목표 값의 선정으로 생산성을 높이기 위한 연구를 수행하였다. 본 연구는 전회선을 생산하는 시스템이므로 검사 규격하한만을 고려한다. 그리고 공정의 표준편차는 공정 평균의 주위에 산포하는 성질을 감안하여, 공정평균을 최적화하는 문제를 다루었다. 또한, 제품이 규격 하한에 미치는지의 여부에 따라 합격·불합격이 결정되며, 불합격 제품이 한계 불량품 수를 초과하면 해당 로트는 불합격 판정을 받으며, 불합격 판정을 받은 로트에 대해서는 각각 전수검사를 실시하고 합격품은 정상가(A_3)로 판매되고, 불합격품들은 각각 할인가(A_2 또는 A_1)로 판매되는 경우를 고려하였다. 또한, 판매이익과 검사비용, 자재비용 등을 고려하여 총 기대이익을 최대로 하는 공정 목표 값을 찾는 문제를 고려하였다.

향후 연구 과제로는 기계가 2대 이상인 경우, 표준 편차를 모르고 있는 경우를 고려하고, 불량품의 한도갯수가 주어지지 않는 상황에서의 고려가 필요하며, 품질 특성을 측정하기 어려운 경우를 고려하여 검사의 오류가 발생할 수 있는 상황으로서의 확장된 고려가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] 이동철, 윤덕균, “샘플링 검사를 통한 경제적 공정 목표 값 결정”, 「한국경영과학회 추계학술대회」, (1999), p.28.
- [2] Hunter, W. G. and C. P. Kartha, “Determining the Most Profitable Target Value for a Production Process”, *Journal of Quality Technology*, Vol.9, No.4(1977), pp.176-181.
- [3] Boucher, T.H. and M.A. Jafari, “The Optimum Target Value for Single Filling Operations with Quality Sampling Plans”, *Journal of Quality Technology*, Vol.23, No.1(1991), pp.44-47.
- [4] Al-Sultan, K.S., “An Algorithm for the Determination of the Optimum Target Values for Two Machines in Series with Quality Sampling Plans”, *International Journal of Production Research*, Vol.32, No.1(1994), pp.37-45.
- [5] Arcelus, F.J. and M.A. Rahim, “Joint Determination for Optimum Variable and Attribute Target Means”, *Naval Research Logistics*, Vol.38(1991), pp.851-864.
- [6] Chen, W. H., “The Effects if SPC on The Target of Process Quality Improvement”, *Journal of Quality Technology*, Vol.28, No.2 (1996), pp.224-232.
- [7] Chen, S. L. and K.J. Chung, “Selection of the Optimal Precision Level and Target Value for a Production Process: the ower-Specification-Limit Case”, *IIE Transactions*, Vol.28(1996), pp.979-985.
- [8] Bettes, D.C., “Finding an Optimum Target Value in Relation to a Fixed Lower Limit and an Arbitrary Upper Limit”, *Applied Statistics*, Vol.11(1962), pp.202-210.
- [9] Carlsson, O., “Determining the Most Profitable Process Level for a Production Process Under Different Sales Conditions”, *Journal of Quality Technology*, Vol.16(1984), pp.44-49.
- [10] Golhar, D.Y., “Determining the Best Mean Contents for a Canning Problem”, *Journal of Quality Technology*, Vol.19(1987), pp.82-84.

- [11] Schmidt, R.L. and P.E. Pfeifer, P.E., "An Economic Evaluation of Improvements in Process Capability for a Single Level Canning Problem", *Journal of Quality Technology*, Vol.21(1989), pp.16-19.
- [12] Golhar, D.Y. and S.M. Pollock, "Determination of the Optimum Process Mean and the Upper Limit for a Canning Problem", *Journal of Quality Technology*, Vol.20(1988), pp.188-192.
- [13] Chen, S.L. and K.J. Chung, "Determination of the Optimal Production Run and The Most Profitable Process Mean for a Production Process", *International Journal of Production Research*, Vol.34(1996), No.7, pp.2051-2058.