

계량 규준형 샘플링 검사 스킴을 이용한
합격판정 관리도의 설계 및 운영
- Design and Operation of Acceptance Control
Chart Using Variable Acceptance Sampling Scheme
Based on Operating Characteristics(OC) Curve -

최성운*

Sungwoon Choi*

Abstract

This paper is to present design principle and operation strategy of acceptance control chart by the use of OC-Based sampling inspection for continuous data. The unified control limits for acceptance control chart when considering both APL(Acceptable Process Level) and RPL(Rejectable Process Level) are proposed.

The control limits can be also extended to the acceptance control chart with unknown process standard deviation.

Keywords : Design Principle, Operation Strategy, Acceptance Control Chart, OC-Based Sampling Inspection, APL, RPL

1. 서론

샘플링 검사는 로트(Lot) 또는 배취(Batch)를 대상으로 생산자와 소비자가 로트의 품질을 계약하고 로트의 합격, 불합격을 판정하는 효율적인 방법이다. 용도별로 규준형, 선별형, 조정형, 연속생산형이 있는 데 규준형은 생산자와 소비자가 신규 계약 또는 1회성의 계약조건을 이행할 경우 사용된다. 이 방법은 생산라인 내에서 전, 후 공정을 생산자와 소비자로 가정할 수 있으며 새로운 설비도입에 의한 생산기술 조건의 안정화, 신규 제품 생산 라인의 설치로 인한 설비 조건의 검토 등에 적용될 수 있다.

* 경원대학교 산업공학과

고객이 요구하는 스펙이 중요한 경우 계량형 샘플링 검사가 사용되며 계량 규준형 샘플링 검사는 로트의 표준편차를 알고 있는 경우 로트의 평균치를 보증하는 방법과 로트의 불량률을 보증하는 방법이 있으며[1,3] 로트의 표준편차를 모르는 경우 로트의 불량률을 보증하는 방식이 있다.[1,4] 그러나 샘플링 검사에 의한 불합격 로트의 불량 제품은 수리, 재작업, 폐기, 용도변경, 할인 판매 등이 요구되어 원가 부담의 원인이 된다. 따라서 대부분의 경쟁력 있는 기업에서는 사후관리인 검사활동 보다 예방적 사전 관리 기법인 SPC(Statistical Process Control)를 도입, 활용하고 있다. SPC는 현장관점에서는 생산 기술적인 접근방법이며 품질통계 관점에서는 공정(Process)을 대상으로 하는 관리도, 히스토그램, 공정능력 지수를 활용하는 방법이다.

1회성의 로트 및 배취를 대상으로 하는 사후관리적인 샘플링 검사와 장기간의 공정을 대상으로 하는 사전예방 관리적인 SPC는 로트의 형성과 관리시점에서는 큰 차이를 이루고 있으나 통계적 원리는 같은 스킴을 가지고 있다.

따라서 본 연구에서는 로트의 불량률을 보증하는 계량 규준형 샘플링 검사의 스킴을 이용하여 합격판정 관리도의 설계 및 운영 방안을 상한규격, 하한규격, 양쪽 규격에 대하여 제시한다. 또한, 기존 연구[2,3]에서 공정의 표준편차를 아는 경우 합격 판정 관리도를 확장하여 공정의 표준편차를 모르는 경우 새로운 합격 판정 관리도를 제안한다.

2. 계량 규준형 샘플링 검사 스킴

규준형 샘플링 검사의 계약 조건은 생산자 (P_0, α), 소비자(P_1, β)으로 P_0 는 좋은 로트(Good Lot)의 불량률, P_1 은 나쁜 로트(Bad Lot)의 불량률이며 $\alpha=5\%$ 는 P_0 가 100번 검사했을 경우 5번은 불합격 되는 과오(Error)이며 $\beta=10\%$ 는 P_1 이 100번 검사했을 경우 10번은 합격되는 과오이다.

2.1 로트의 표준편차를 아는 경우

로트의 표준편차는 검사 성적서의 데이터를 누적시켜 안정된 값이 나올 경우 통계량의 표준편차 s 로 모수인 표준편차 σ 로 대체 사용하는 것으로 통상 품질데이터 베이스 구축이 잘 된 기업에서 활용한다.

2.1.1 상한규격(USL)

USL(Upper Specification Limit)이 요구되는 스펙인 경우 좋은 로트의 평균치는 m_0 , 나쁜 로트의 평균치는 m_1 이며, 상한 합격 판정치는 \overline{X}_u , 표준 정규 변수는 Z 이다.

2.1.1.1 좋은 로트 관점

$$\text{개개의 데이터}(x) : USL = m_0 + Z_{p_0}\sigma \quad (1)$$

$$\text{평균 데이터}(\bar{x}) : \bar{X}_u = m_0 + Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (2)$$

$$(2)\text{식}-(1)\text{식} : \bar{X}_u = USL - Z_{p_0}\sigma + Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (3)$$

$$= USL - (Z_{p_0} - \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}})\sigma$$

$$= USL - k_1\sigma \quad (4)$$

2.1.1.2 나쁜 로트 관점

$$\text{개개의 데이터}(x) : USL = m_1 + Z_{p_1}\sigma \quad (5)$$

$$\text{평균 데이터}(\bar{x}) : \bar{X}_u = m_1 - Z_\beta \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (6)$$

$$(2)\text{식}-(1)\text{식} : \bar{X}_u = USL - Z_{p_1}\sigma - Z_\beta \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (7)$$

$$= USL - (Z_{p_1} + \frac{Z_\beta}{\sqrt{n}})\sigma$$

$$= USL - k_2\sigma \quad (8)$$

2.1.2 하한규격(LSL)

LSL(Lower Specification Limit)이 요구되는 스펙인 경우 합격 판정치는 \bar{X}_L 이다.

2.1.2.1 좋은 로트 관점

$$\text{개개의 데이터}(x) : LSL = m_0 - Z_{p_0}\sigma \quad (9)$$

$$\text{평균 데이터}(\bar{x}) : \bar{X}_u = m_0 - Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

$$(2)\text{식}-(1)\text{식} : \bar{X}_u = LSL + Z_{p_0}\sigma - Z_\alpha \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (11)$$

$$= LSL + (Z_{p_0} - \frac{Z_\alpha}{\sqrt{n}})\sigma \quad (12)$$

$$= LSL + k_1\sigma$$

2.1.2.2 나쁜 로트 관점

$$\text{개개의 데이터}(x) : LSL = m_1 - Z_{p_1}\sigma \quad (13)$$

$$\text{평균 데이터}(\bar{x}) : \bar{X}_L = m_1 + Z_{p_1}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (14)$$

$$(2)\text{식}-(1)\text{식} : \bar{X}_u = LSL + (Z_{p_1} + \frac{Z_{p_1}}{\sqrt{n}})\sigma \quad (15)$$

$$= LSL + k_2\sigma \quad (16)$$

2.1.3 양쪽 규격

양쪽 규격인 경우 (17)식과 같이 $k_1 = k_2$ 로 놓고 n 을 (18)식과 같이 구한다.

$$Z_{p_0} - \frac{Z_{\alpha}}{\sqrt{n}} = Z_{p_1} + \frac{Z_{\beta}}{\sqrt{n}} \quad (17)$$

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha} + Z_{\beta}}{Z_{p_0} - Z_{p_1}} \right)^2 \quad (18)$$

(17)식과 같이 $k_1 = k_2 = k$ 로 놓고 (18)식을 (19)식에 대입하여 (20)식과 같이 k 를 구한다.

$$Z_{p_0} - \frac{Z_{\alpha}}{\sqrt{n}} = Z_{p_1} + \frac{Z_{\beta}}{\sqrt{n}} = k \quad (19)$$

$$k = \frac{Z_{p_1}Z_{\beta} + Z_{p_0}Z_{\alpha}}{Z_{\alpha} + Z_{\beta}} \quad (20)$$

$$\bar{X}_u = USL - k\sigma \quad (21)$$

$$\bar{X}_L = LSL + k\sigma \quad (22)$$

2.2 로트의 표준편차를 모르는 경우

로트의 표준편차를 검사성적서를 통해 사전에 데이터를 축적시키지 않아 통계량인 표준편차 s 를 사용한다. 2.1 절의 로트의 표준편차를 아는 경우 n , k 과 비해 시료의 크기 $n' = (1 + \frac{k^2}{2})n$ 만큼 증가되며 $k' = \sqrt{\frac{1}{n} + \frac{k^2}{2(n-1)}}$ 가 된다. k_1', k_2' 은 k' 공식에 각각 k_1, k_2 를 대입하여 얻을 수 있다.

2.2.1 상한규격(USL)

$$1) \text{ 좋은 로트 관점 : } \bar{X}_u = USL - k_1' s \quad (23)$$

$$2) \text{ 나쁜 로트 관점 : } \bar{X}_u = USL - k_2' s \quad (24)$$

2.2.2 하한규격(LSL)

$$1) \text{ 좋은 로트 관점 : } \bar{X}_L = LSL + k_1' s \quad (25)$$

$$2) \text{ 나쁜 로트 관점 : } \bar{X}_L = LSL + k_2' s \quad (26)$$

2.2.3 양쪽규격

$$\bar{X}_u = USL - k' s \quad (27)$$

$$\bar{X}_L = LSL + k' s \quad (28)$$

3. 합격판정 관리도의 설계 및 운영

SPC에서 $\bar{x}-R$ 관리도를 사용하여 공정평균을 관리하는 통계적 원리는 계량 규준형 샘플링 검사에서 로트의 평균치를 보증하는 방식과 같다. $\bar{x}-R$ 관리도가 정상인 경우 히스토그램을 작성하여 규격과 정확도와 정밀도를 비교하는 공정능력지수를 사용한다.

이는 계량 규준형 샘플링 검사에서 로트의 불량률을 보증하는 방식과 같은 통계적 원리를 가지고 있다. 1회성의 로트를 장기간의 공정으로 모집단을 형성하고 사후관리적인 수리, 재작업, 용도변경, 폐기, 할인판매 등의 검사 활동에서 생산기술적인 사전 관리의 SPC 원인 분석 SPC 개선 활동으로 조직이 변화할 경우 동일한 원리의 스킴에 따라 합격 판정 관리도의 설계 및 운영을 도모할 수 있다. 단 합격 판정 관리도에서는 공정의 평균을 관리하는 것이 아니고 공정 평균이 구성된 개개의 데이터에 의한 계량형 공정 불량률에 기초한 방법이다.

3.1 공정의 표준편차를 아는 경우

공정의 표준편차는 누적된 데이터의 안정된 통계량 s 에 의해 모두 σ 를 대체 사용한다.

3.1.1 생산자 관점에서 관리 한계

생산자 관점에서 합격 판정 관리도를 설계할 경우 생산성의 관점에서 APL(Acceptable Process Level)과 α 를 고려하며, 생산성을 높이고 싶을 경우 통상 α 를 작게 한다. 관리한계는 UCL, LCL이다.

$$UCL = USL - Z_{APL}\sigma + Z_{\alpha}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (29)$$

$$LCL = LSL + Z_{APL}\sigma - Z_{\alpha}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (30)$$

(29)식, (30)식은 (3)식, (11)식에 의해 쉽게 유도되며 $k_1 = Z_{APL} - \frac{Z_{\alpha}}{\sqrt{n}}$ 를 미리 표로 작성하여 쉽게 사용할 수 있다.

3.1.2 소비자 관점에서의 관리한계

소비자 관점에서 합격판정 관리도를 설계할 경우 클레임의 관점에서 RPL(Rejectable Process Level)과 β 를 고려한다.

$$UCL = USL - Z_{RPL}\sigma - Z_{\beta}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (31)$$

$$LCL = LSL + Z_{RPL}\sigma + Z_{\beta}\frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (32)$$

(31)식, (32)식은 (7)식, (15)식에 의해 쉽게 유도되며 $k_2 = Z_{RPL} + \frac{Z_{\beta}}{\sqrt{n}}$ 를 미리 표로 작성하여 쉽게 사용할 수 있다.

3.1.3 생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계

UCL은 (29)식 또는 (31)식을, LCL은 (30)또는 (32)식을 사용하며 하나의 UCL, LCL로 사용하고 싶을 경우 (21)식, (22)식을 응용하여 사용할 수 있으며 k 와 n 도 (20)식, (18)식으로 구할 수 있다.

$$UCL = USL - k\sigma \quad (33)$$

$$LCL = LSL + k\sigma \quad (34)$$

$$k = \frac{Z_{RPL}Z_{\beta} + Z_{APL}Z_{\alpha}}{Z_{\alpha} + Z_{\beta}} \quad (35)$$

$$n = \left(\frac{Z_{\alpha} + Z_{\beta}}{Z_{APL} - Z_{RPL}} \right)^2 \quad (36)$$

여기서 n , k 는 KSA 3103에서 제공된 표를 사용할 경우 실무에서 편의성을 도모할 수 있다.

3.2 공정표준편차를 모르는 경우

공정표준편차를 모르는 경우 통계량 표준편차 s 를 사용하며 2.2절과 같은 원리로 n' , k' , k_1' , k_2' 이 된다.

3.2.1 생산자 관점에서의 관리한계

$$UCL = USL - Z_{APL}s + Z_{\alpha} \frac{s}{\sqrt{n'}} \quad (37)$$

$$LCL = LSL + Z_{APL}s - Z_{\alpha} \frac{s}{\sqrt{n'}} \quad (38)$$

3.2.2 소비자 관점에서의 관리한계

$$UCL = USL - Z_{RPL}s - Z_{\beta} \frac{s}{\sqrt{n'}} \quad (39)$$

$$LCL = LSL + Z_{RPL}s + Z_{\beta} \frac{s}{\sqrt{n'}} \quad (40)$$

3.2.3 생산자, 소비자 양쪽 관점에서의 관리한계

$$UCL = USL - k's \quad (41)$$

$$LCL = LSL + k's \quad (42)$$

여기서 n' , k' 은 KSA 3104에서 제시하는 표를 이용하는 경우 효율적인 운영이 가능하다.

4. 결 론

공정의 평균을 우연원인과 이상원인으로 구분하는 $\bar{x}-R$ SPC관리도는 계량 규준형 샘플링 검사에서 로트의 평균치를 보증하는 방식과 통계적인 원리가 동일하며 SPC에서 규격과 비교에 의한 정확도, 정밀도 용도의 공정능력 지수는 로트의 불량률을 보증하는 방법과 같은 통계적 스킴을 가지고 있는 원리를 이용하여 새로운 합격판정 관리도를 제시하였다. 공정의 표준편차를 아는 경우 기존의 합격판정 관리도[2,5]에서는 두 개의 서로 다른 관리한계를 제시하였으나 본 연구에서는 계수를 이용하여 통일된 1개의 관리한계로 유도하였다. 또한 공정의 표준편차를 모르는 경우 합격판정 관리도를 생산자 관점과 소비자 관점에서 설계 및 운영방법을 제안하였다.

5. 참 고 문 헌

- [1] 박성현외, 통계적품질관리 제 3판, 민영사, 2005.
- [2] 안성진, Minitab 14를 이용한 통계적 품질관리, 자유아카데미, 2007.
- [3] KSA 3103 계량 규준형 1회 샘플링 검사, 한국 표준협회, 2005.
- [4] KSA 3104 계량 규준형 1회 샘플링 검사 : 표준편차를 모를 때 상한 또는 하한 규격치 중 한쪽만 규정된 경우, 한국표준협회, 1984.
- [5] Chou C.Y., Chen C.H. and Liu H.R., "Acceptance Control Charts for Non-Normal Data", 32(1)(2005), Journal of Applied Statistics : 25-36.