

단납기 생산체계의 누계치 관리도와 유동성 관리도에 관한 연구

김 제 홍*

A Study Short Run Production Cusum Individual X Chart & Moving Range Chart

Je-Hong Kim *

요 약

생산공정 관리에서 정밀도를 높이기 위한 제반 기술적 요소는 다양한 환경적 요인과 단납기에 따른 주기적 생산의 체계에 부응할 수 있는 능력에 의존한다. 공정능력에 따라 다양한 고객의 요구와 높은 품질의 유지를 위하여 여러가지의 기능과 짧아지는 조달기간에 일치 하도록 생산의 기술들을 제고하여야 한다.

이러한 공정관리 방법에서 관리의 다양한 특정적기법을 적용해야 할 뿐아니라 품질의 고급화를 위하여 특정된 기법을 조기에 찾아내 실현하여야 한다. 본 연구에서는 그러한 다양한 기법들을 현장에 제공하는 것으로 전제한다.

Abstract

Production management confronted the environment of infinite competition should be prepared to abrupt variations of management environment and have the ability to be changed in short term. It has to be studied, the control method of products that correspond to multi-functionalization and reduced product life which is caused by high-quality and varied customers demands. As a process control method, we must be able not only to control varies characteristic in a control at once but also to detected special values quickly for high-quality. In this paper a control method referred above is presented.

▶ Keyword : Short Run Production, Control Chart, Process Control

• 제1저자 : 김제홍
• 접수일 : 2004.09.13, 심사완료일 : 2004.11.13
* 경민대학 인터넷 비즈니스과 교수

따라서 본 논문에서는 한 장의 관리도에 여러 특성을 나타낼 수 있는 단납기를 갖는 관리도와 공정변화를 민감하게 탐지하기 위하여 누계치 관리도를 결합한 관리도를 제시한다.

I. 서론

경쟁환경의 다변화와 무한 경쟁시대의 기업에서는 품질의 중요성을 재인식하고 있다. 기업은 급격한 경쟁환경변화에 대하여 대비하여야 하며, 단기간에 변화할 수 있는 능력을 갖추어야 한다. 고품질과 동시에 고객 요구의 다양화로 인하여 단축된 제품수명과 다기능화에 맞는 제조물품의 관리기법이 재검토되어야 한다.

제품의 품질에 있어서의 변동은 어디에서나 존재하는 것이고, 품질의 변동이 있는 곳에서 통계적 기법은 공정관리에 적용될 수 있다. 이렇게 데이터를 분석하여 만족스러운 품질을 경제적으로 제조하기 위하여 통계적 기법을 생산공정에 적용하는 기법이 통계적 공정관리(Statistic Process Control)이다. SPC의 주요 목표는 예측 가능한 설계품질의 제품수준을 유지하기 위하여 공정의 이질적인 산포를 인식하여 관리하는 것이다.

SPC 기법 중 대표적인 수단이 관리도이다. 이 전통적인 관리도는 사용되는 통계량이 단순하고, 표현하기 쉽고, 해석하기 쉽다는 장점이 있긴 하지만 한 장의 관리도에 한 특성밖에 관리하지 못한다. 그러나 현대의 상황을 살펴보면 고객이 요구하는 제품은 점점 개별화되고 다양화되고 있다. 즉, 기존의 10인 1색 시대에서 1인 10색의 소비자 주권시대로 바뀌고 있다. 따라서 고객의 다양한 요구를 충족시켜 주고 고객의 의사를 반영하는 다양한 제품을 빠른 시일 내에 생산, 공급하여야 한다. 이러한 요구를 충족시키기 위해서는 같은 모델의 제품을 대량생산하기보다는 로트 크기를 더욱 작게 하여 같은 생산설비로 수시로 다른 규격이나 모델을 가지는 제품을 만들어야 한다.

이러한 환경에서 한 특성밖에 관리하지 못하는 기존의 관리도를 사용하면 관리도 수가 엄청나게 늘어나게 되며 소량생산으로 인해 데이터 수의 감소로 신뢰성 있는 관리한계선을 계산할 수 없게 되어 한 제품에 대한 품질을 신뢰할 수 없게 된다. 그러므로 한 공정에서 나오는 여러 종류의 제품을 한 눈에 관리하기 위하여 한 장의 관리도에 여러 특성을 나타낼 수 있는 관리도가 필요하고 또한 고품질을 위해서는 공정변화를 민감하게 탐지할 수 있는 관리도가 요구된다.

II. 생산라인의 SPC의 문제점

생산라인 과정에서 SPC는 TQM에 중요한 공헌을 해왔다. 그러나 1980년 말부터 1990년 초에 조직적인 개발과 팀 참여 기법, 리엔지니어링, 품질기능전개, JIT 등의 기법이 비용을 절감시키고 생산성을 향상시키는 데 성공적으로 개발되어 사용되었으며 그 이후 기존의 SPC는 점점 쇠퇴했다. 아직도 많은 기업에서는 품질에 대한 개선 효과와 작업비용의 감소를 위해 기존의 SPC를 사용하고 있으나 기존의 SPC가 품질관리의 가장 적절한 기법이라는 특징은 상실해가고 있다. 특히 이러한 점은 기업에서 그들의 작업에 SPC 대신 JIT를 활용하려는 것을 보면 알 수 있다. 최근에는 로트 크기의 감소와 단납기를 갖는 생산(Short Run Production)의 증가로 JIT 사상은 SPC를 능가하고 있다.

따라서 기존의 SPC는 소비자의 다양한 욕구를 충족시켜야 하는 특성으로 인하여 더욱더 빛을 잃어가고 있다. 소비자는 그들의 상품에 대하여 더욱 많은 요구품질과 특성을 요구할 뿐만 아니라 나아가 소비자 주문제작 또한 늘어나고 있다. 많은 요구품질과 주문제작은 부품 수를 증가시키고 제조상의 복잡성을 야기시킨다. 또 로트 크기의 감소와 부품 수는 증가되고, 주문제작의 증가는 전통적인 SPC 활용을 떨어뜨리는 것으로 나타나고 있다.

이와같은 산업사회 변천의 결과로 전통적 SPC 기법 활용의 가장 핵심적인 3 가지 문제점이 대두되고 있다.

- ① 통계적인 관리 한계선을 계산하기 위하여 적어도 15군에서 25군의 데이터가 필요하다.
- ② 오직 한 가지 특성만을 한 장의 관리도로 관리할 수 있다.
- ③ 부품 특성이 유사하다 하더라도 재료, 형태, 규격에 따라 관리 한계선은 달라지게 되고 이에 따라 별개의 관리도가 필요하다.

따라서 이상의 3 가지 기본적인 문제점을 해결할 수 있는 기법의 개발이 요구된다.

2.1 단납기를 갖는 생산(Short Run Production)의 특징

생산라인에서 SPC는 규격이 같은 종류의 제품을 동일한 설비로 대량생산하는 제조환경에서 품질을 관리하기 위하여 활용되어 왔다. 이러한 작업 환경에서는 기존의 관리도를 활용하여 공정을 관리하고 이상원인이 발생하였을 때에는 그 원인을 규명하여 조치를 취한 후 개선하여 생산활동을 수행하여 왔다. 비록 품종에 따라 적은 양을 생산하는 제조 시스템에서도 기존의 관리도를 활용하여 제품의 품질을 관리할 수는 있다. 그러나 최근 들어 단축된 제품수명주기, 고객 요구의 다양화, 적시생산(JIT), 재고의 감소 같은 생산 환경의 변화에 따라 제품의 품질을 보다 효율적으로 관리하기 위한 새로운 공정관리 기법이 필요시 되고 있다. 즉, 이러한 환경 하에서도 공정은 시간의 경과에 관계없이 안정성이 있어야 하고, 작업조건은 작업자가 임의로 선정하거나 바꾸어서는 안되며, 안정되고 일관성 있는 방식으로 작업하여야 하고, 공정의 평균치가 목표치에 근접하도록 유지되어야 하며, 자연공차 한계는 반드시 규격한계 내에 들어야 한다. 이러한 조건을 충족시키기 위하여 사용되는 기법은 관리도와 같은 것이다. 그러나 단납기의 생산주기에 따라 생산조건이 빈번한 변경이 발생할 때 기존의 관리도를 사용하면 많은 문제가 발생한다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 먼저 공정의 안정성을 유지해야 한다. 한 종류의 제품을 만들다가 다른 제품을 생산하는 잦은 변경이 있는 경우에 안정성을 유지하기는 매우 힘든 일이다. 잦은 변경이 있을 때 제조공정을 한 눈으로 볼 수 있는 관리도의 사용이 필요하다. 제조공정을 한 눈으로 볼 수 있으면 공정을 안정화시키기 수월할 것이다. 일단 공정이 안정되면 일관된 방식으로 작업이 가능하게 되고, 목표치에 근접하도록 유지 관리할 수 있을 것이다. 만약 공정 평균치가 목표치에서 떨어진 상태에서 작업이 진행된다면 엄청난 손실이 발생하게 된다. 따라서 공정의 분산이 통계적으로 관리상태 내에서 유지되고 있고, 공정평균치가 목표치에 근접한다면 자연공차 한계는 규격 안에 들어가게 된다. 이러한 제조조건 하에서 적절한 순서로 제품을 생산한다면 기업은 품질을 향상시키고 재고를 줄일 수 있게 되며 생산주기를 감축시키고 재작업도 감소하며, 적시생산에 의한 부품조달이 가능하게 된다. 따라서 이러한 조건에 부응할 수 있는 기법의 개발이 절실하다.

2.2 단납기를 갖는 관리도 (Short Run Chart ;SRC)

SRC는 다른 규격, 다른 측정 단위, 다른 표준편차를 갖는 특성을 한 장의 관리도에서 관리할 수 있도록 고안한 것이다. 그러므로 SRC는 실 데이터를 그대로 타점하지 않고 수학적으로 코드화하여 타점한다. 평균과 범위 모두 코드화하는 것이 필요하다. 그러므로 SRC는 다른 규격이나 다른 표준편차나 다른 평균에 관계없이 한 부품에 있는 모든 특성을 한 장의 관리도로 관리할 수 있다. 전통적인 관리도와 비교할 때 SRC의 활용은 관리되어야 하는 관리도의 수는 감소되고 한 장에 관리할 수 있는 특성의 수는 증가한다.

2.2.1 SRC에 타점되는 점

SRC에 타점되는 점은 전통적인 관리도에 기초한다. 한 장의 관리도에 다른 특성을 관리하기 위하여 타점을 수학적으로 코드화하여야 한다.

2.2.2 단납기를 갖는 이동범위 관리도(Short Run Moving Range Chart ;SRMRC)

먼저 전통적인 범위관리도의 관리한계선은 식 (2-1) 과 같다.

$$UCL = D_4 \overline{MR}, LCL = 0 (\because n = 1) \quad (2-1)$$

관리상태에 있으려면 각 점들이 관리한계선 안에 타점되어야 한다. 즉 식 (2-2)를 만족하여야 한다.

$$LCL_R < MR < UCL_R, \quad 0 < MR < D_4 \overline{MR} \quad (2-2)$$

측정단위가 다른 것을 한 관리도에 나타내기 위하여는 이동범위 관리도에 타점되는 점에 대하여 단위를 제거해서 통일해야 하므로 위의 식에서 \overline{MR} 을 제거하여야 한다. 그러므로 위의 식 (2-2)에서 양변을 \overline{MR} 로 나누면 식 (2-3)과 같다.

$$0 < \frac{MR}{\overline{MR}} < \frac{D_4 \overline{MR}}{\overline{MR}} \quad (2-3)$$

따라서 SRMRC에 관리상한은 D_4 이고 관리하한은 0이 되며, 타점되는 것은 $\frac{MR}{\overline{MR}}$ 이 된다.

여기서 \overline{MR} 는 목표치나 기대치이고, 따라서 SRMRC에 타점하는 점은 실제 시료군의 범위와 기대되는 목표 범위의 비율이며, 이 때 타점되는 점은 단위를 제거한 실 데이터 값이 된다.

2.2.3 단납기를 갖는 누계치 관리도(Short Run Individual X Chart ;SRIXC)

전통적인 평균치관리도의 관리한계선은 식 (2-4)와 같다.

$$UCL_{IX} = \bar{IX} + A_2 \overline{MR}, LCL_{IX} = \bar{IX} - A_2 \overline{MR} \quad (2-4)$$

관리상태의 관리도는 모든 점이 이 관리한계선 안에 타점되어 있어야 한다. 즉 식 (2-5)를 만족하여야 한다.

$$LCL_{IX} < IX < UCL_{IX}$$

즉, $\bar{IX} - A_2 \overline{MR} < IX < \bar{IX} + A_2 \overline{MR}$ (2-5)

다른 측정단위를 가진 것을 하나의 관리도에 나타내기 위하여 SRIXC에 타점되는 점에 대하여 단위를 제거하여야 하므로 식 (2-5)에서 \bar{IX} 와 \overline{MR} 을 제거하여야 한다. 그러므로 식 (2-5)의 양변에서 \bar{IX} 를 빼고, \overline{MR} 로 나누면 식 (2-6)과 같다.

$$-\frac{A_2 \overline{MR}}{\overline{MR}} < \frac{IX - \bar{IX}}{\overline{MR}} < \frac{A_2 \overline{MR}}{\overline{MR}} \quad \text{즉,}$$

$$-A_2 < \frac{IX - \bar{IX}}{\overline{MR}} < A_2 \quad (2-6)$$

따라서 관리상한은 A_2 가 되고 관리하한은 $-A_2$ 가 되며, SRIXC에 타점되는 점은 $\frac{IX - \bar{IX}}{\overline{MR}}$ 가 된다. 동일하게 이 때 \overline{MR} 는 기대치나 목표 범위이고, \bar{IX} 는 기대치나 목표 평균치이다.

2.3 누계치(CUSUM) 관리도

생산라인에서 사용되는 전통적인 관리도는 $\pm 3\sigma$ 관리한계선에 기초를 둔 슈와르트 관리도이다. 이 슈와르트 관리도에서는 시료군의 평균치나 개개의 측정치를 기입하면서 그 값이 관리한계선 내에 있으면 관리상태 하에 있고, 만일 관리한계선 밖으로 나가면 공정 내에 변화가 있는 것으로 판단하여 공정의 이상유무를 조사하게 된다. 즉, 공정의 변화를 탐지하는 데 이미 검사를 받은 결과는 고려하지 않고 단지 현재의 검사 결과만 사용한다. 그러나 누계치 관리도는 현재의 검사 결과뿐만 아니라 앞에서 검사한 결과도 누적하여 산출한 값으로 공정의 변화를 판단하는 방법이다. 이 관리도는 공정의 변화가 서서히 일어나고 있을 때 슈와르트 관리도를 사용하면 그 공정의 변화를 탐지하기 어려우나 누

계치 관리도를 이용하면 비교적 민감하게 탐지해 낼 수 있는 장점이 있어서 공정을 관리하는 SPC도구로 최근 많이 이용된다. 특히 장치산업과 같은 제조업체에서 많이 사용되고 있다. 일반적으로 슈와르트 관리도는 공정이 2σ나 혹은 그 이상으로 변동하는 경우에는 매우 효율적으로 사용되나 그 이하로 변화는 경우에는 변동상태를 빨리 감지하지 못한다. 그러나 누계치 관리도는 공정이 0.5σ에서 1.5σ만큼 변동하더라도 기존의 슈와르트 관리도보다 두 배정도 빨리 변동상태를 감지할 수 있어 공정관리에 매우 효율적이다.

누계치 관리도는 공정에서 시료군의 크기가 n 인 시료를 주기적으로 추출하여 그 평균값 \bar{x} 와 공정기대값(목표치) μ_0 의 차의 누계치를 관리도로 나타낸 것이다. 이 누계치를 관리도에 작도하므로 작은 공정평균의 변동을 슈와르트 관리도에 비해 쉽게 탐지할 수 있다. 특히 시료의 크기가 1인 경우에 더 효율적으로 사용될 수 있다.

누계치 관리도에서는 공정의 이상유무를 판단하는 데 V 마스크를 이용하고, V마스크의 작성은 d와 θ에 의하여 결정된다. 공정의 이상유무를 판단하려면 관리도상에 최종 시료군과 대응하는 점과 V마스크의 p점이 일치하고, 또한 V 마스크가 수평을 유지하도록 하여 앞에서 찍힌 시료군의 점이 하나라도 마스크에 가려지면 공정에 변화가 발생했다고 판단한다.

III. 단납기를 갖는 누계치 관리도
(Short Run Production Cusum Individual X Chart; SRCIXC)와
유동성(MR) 관리도

이것은 단납기를 갖는 개별치 관리도(SRIXC)의 장점과 누계치 관리도의 장점을 결합한 누계치 유동성 관리도(SRCIXC)이다. SRIXC는 모든 형태의 특성 중에서 개별치의 변화를 탐지하기 위하여 사용된다. 이러한 특징은 다른 공칭치수를 가지고 있고, 측정단위가 다르며, 다른 표준편차를 가지고 있어도 한 장의 관리도로 나타낼 수 있다. 관리도에 타점되는 점의 특징은 개별치와 목표치의 차이를 목표치 이동범위로 나눈 것이다.

단납기를 갖는 유동성 관리도(SRMRC)는 모든 형태의 특성치 중에서 표준편차의 변화를 탐지하기 위한 것으로 타점되는 점은 연속적으로 코드화된 SRIXC 점 간의 절대값이다.

타점되는 점의 공식은 <표 3-1>과 같다.

표 3-1. SRIXC와 SRMRC의 타점되는 공식

관리도	plot point	plot point 공식
SRIXC	코드화된 IX	$\frac{IX - TargetIX}{TargetMR}$
SRMRC	코드화된 MR	두 개의 연속적인 코드화된 IX 값의 차이의 절대값

그러므로 단납기를 갖는 누계치 관리도(SRCIXC)와 단납기를 갖는 유동성 관리도(SRMRC)에서 타점되는 점의 공식은 <표 3-2>와 같이 바뀐다. 여기서 목표치는 0이 된다.

표 3-2. SRCIXC와 SRMRC의 타점되는 공식

관리도	plot point
SRIXCC	코드화된 누적 IX
SRMRC	코드화된 MR

SRCIXC와 SRMRC의 중심선(Center Line) 계산은 <표 3-3>과 같다.

표 3-3. SRCIXC와 SRMRC의 중심선 계산

관리도	중심선
SRCIXC	0
SRMRC	1

SRCIXC와 SRMRC 관리도의 관리한계선 공식은 <표 3-4>과 같다.

표 3-4. SRCIXC와 SRMRC 관리한계선 공식

관리도	관리상한선	관리하한선
SRCIXC	$+ A_2$	$- A_2$
SRMRC	D_4	0

따라서 SRCIXC와 SRMRC를 작성하는 절차는 다음과 같다.

순서 1 : 데이터의 수집

관리하고자 하는 특성에 대하여 n=1의 시료를 약 k=20개 정도 채취하여 측정한다.

순서 2 : 각 특성에 대한 목표치를 결정한다.

순서 3 : 코드화된 \bar{IX} 와 코드화된 MR을 계산한다.

순서 4 : SRMRC의 중심선과 관리한계선을 작성한다.

순서 5 : SRMRC에 코드화된 MR을 타점한다.

순서 6 : 관리이상상태를 체크한다.

순서 7 : 관리상태에 있으면 SRIXC의 누적합을 계산한다.

순서 8 : SRCIXC를 작성한다.

순서 9 : V 마스크를 사용하여 이상점을 체크 한다.

순서 10 : C_{psk}, C_{pkl} 등을 사용하여 공정능력을 평가한다.

IV. 결론

생산라인에서 규격이 다르면 규격 별로 별개의 관리도를 작성하여 공정변화를 인지하였다. 이러한 전통적인 관리도를 사용하면 동일한 환경 하에서 한 종류의 기계로 여러 가지 제품을 생산하는 공정을 한 눈에 파악하기 곤란하고, 각 품질특성별로 종류별로 관리하는 것만이 가능하였다.

그러나 현대의 소비자 주권시대에서는 갈수록 제품이 다양화되고, 제품 수명 주기가 단축됨에 따라 로트의 크기가 감소되고 있기 때문에 한 대의 기계에서 여러 가지 제품을 생산하는 상황이 증가되어 공정을 한 눈에 보고 관리하는 기법이 필요하게 되었고, 또한 고객에게 불량품이 한 개라도 인도되지 않게 하기 위하여 공정의 변화에 민감하게 대처하여야 한다.

따라서 본 논문에서는 여러 개의 품질특성을 한 장의 관리도에 나타내어, 한눈에 관리할 수 있게 하는 기법으로 단납기를 갖는 관리도와 공정의 변화를 민감하게 탐지할 수 있게 하는 기법인 누적합 관리도를 결합한 단납기를 갖는 누계치 관리도와 유동성 관리도를 제시하였다.

본 논문과 관련하여 추가적인 연구로서 $\bar{X} - R$,

$\bar{X} - s$ 도 상기한 바와 동일한 방식을 적용할 수 있고, 실 데이터를 수학적으로 코드화하는 프로그램을 개발하여 쉽게 활용할 수 있도록 하는 연구가 요구된다

참고문헌

- [1] 박성현, 박영현, 통계적 품질관리, 민영사, pp.498~501, 1995.
- [2] 조남호, PPM 單位の 品質管理를 위한 統計的 品質管理方案, 건국대학교, 1997.
- [3] Hwarng, H. B., and Hubele, N. F., "Back-Propagation for \bar{X} Control Chart : Methodology and Performance," Computer ind. Engng. Vol. 24, No.2, pp.219~235. 1993.
- [4] Robert V. Hogg & Allen T. Craig, Introduction to Mathematical Statistics, 塔出版社, p.56. 1985.
- [5] SU. Rembold, B.O. Nnaji, A. Storr, Computer Integrated Manufacturing and Engineering, Addison-Wesley Publishing Company, pp.191~197. 1993.
- [6] Stephan A.wise, Dougls C.Fair., Innovative Control Charting, pp145~152. 1998.
- [7] 김재홍, ERP 시스템과의 통합을 위한 CIM 시스템의 평가분석 방법에 관한 연구, 한국컴퓨터정보학회 7권 1호 pp147-153. 2002.

저자소개

김 제 흥

1977년 한양대학교 산업공학과

1980년 연세대학교 대학원

공업경영전공 석사

1997년 건국대학교 대학원

경영공학전공 박사

현재 경민대학 인터넷비즈니스과

교수