

SPC/EPC의 응용이론에 관한 연구

- A Study on Application theory of SPC/EPC -

정 해 운 *

Jung Hea Woon

1. 연구의 목적과 배경

EPC(Engineering Process Control)는 공학적 엔지니어링으로써 시간의 흐름에 따라 연속적으로 공정조절을 한다. SPC는 가피원인을 발견하여 가피원인을 제거한다. 이 두 요인을 동시에 사용하던지 통합하여 사용 할 경우 공정변동을 탁월하게 감소시켜 공정을 개선하도록 한다. 이 경우, 생산성향상은 물론 품질이 아주 좋게 되며 안전의 문제까지도 우수하게 된다. EPC는 공정조절 모형에 의해 지배되며 공정조절의 이론적인 배경이 자기회귀모형에 근거하는 것으로 알려져 있다. SPC는 변동의 감소에 초점을 두며 이론적인 배경이 관리도에 의존한다. 이 두 모형을 동시에 사용하던지 통합할 경우 우수하게 변동이 목표치에 접근 하게 된다. 본 연구에서는 두 이론을 병행 사용하던지 통합할 때 두 모형의 이론적인 접근이 우수해지도록 응용적인 적용이 좋아지도록 상호 관련적인 내용을 확립하고자 한다[2].

우선 EPC의 배경을 살펴보면, EPC에서는 컨트롤러의 모형이 아주 많은 것으로 조사연구 되어왔다. 그러나 본 연구에서는 전통적으로 산업의 표준으로 적용이 많이 되는 MMSE컨트롤러의 모형을 제시하고자한다[6][7].

이러한 EPC 모형과 SPC의 관련성의 변동은 너무 다양하지만 여기에서는 전통적인 방법을 이용하면서도 적용의 측면이 많은 계량적인 측면과 계수적인 측면에 비중을 두고자 한다.

2. EPC의 알고리즘

SPC와 통합에서 공정조절과 통제에서 실패를 고려할 때 변동의 감소는 중요하다. 관리도가 목표에 적당한 변동 감소를 위한 최선의 방법만은 아니다 EPC모형을 위하여 어떤 산업에서 공정을 생각해보자. 공정산업에서 통합관리 기술은 적용성이 좋다. 이때, EPC에서 엔지니어링 관리이론은 다음의 아이디어를 가정한다.

* 오산대학 산업경영과 교수

- (1) 공정에 관하여 다음 관찰을 예측한다.
- (2) 공정 품질특성을 조절 할 수 있는 어떤 변동을 가지고 있다.
- (3) 조절변동의 효과를 알아야하고 그러므로 적용하기 위한 관리 행위가 어느 정도 결정 될 수 있는가, 그때 $t+1$ 시기에 공정의 공정품질특성 목표 값을 생산하는 t 시기에 조절변동을 조절 할 수 있다. 통합은 동적인 공정을 이해 할 뿐 아니라, 품질특성과 또는 관리변동과 조절변동들 사이에 좋은 지식을 얻는다. 여기서 조절 변동의 쉬운 변경을 할 수 있어야 한다. 관리활동을 무시 할 수 있다면 그때 공정 품질특성에서 변동은 매번 의 관리활동으로 최소화된다.

이러한 통합시스템은 관리행위 또는 공정조절이 공정에 이상이 있다는 통계적 증거가 있을 때만 취해 질 수 있는 SPC와 비교된다. 여기서 통계적 증거는 통상 관리한계 이탈점이다. EPC의 배경을 논술하기 위하여 다음과 같은 예를 들어본다. 먼저 자기차 운전공정을 생각하자. 중앙 오른쪽차선에 차를 유지할 목적이 있다. 어떤 운전자는 중앙 오른쪽차선 주위에 최소 변화량, 또는 동등하게 도로 앞을 쉽게 볼 수 있고, 거의 무시할 수 있는 시간에 운전대 위치를 바르게 할 수 있다.

이를 공정조절이라 한다. 결과적으로 운전자가 차의 위치로 나타내는 품질특성변동과 운전대 조절로 나타내는 공정조절사이에 관계를 안다면 운전자는 통계적 관리도인 슈하트 관리도로 차를 몰거나 다른 운전자는 실험적으로 차를 운전하기 원치 않는다. 보다 안전한 차 의 위치를 관리하기 위하여 피드백관리 기술을 선택할 것이다. 다른 한편 엔지니어링 공정관리는 공정에 영향이 있는 가피원인을 확인하지 않는다. 가피원인의 제거는 공정개선에 중요하다. 모든 EPC 기술은 공정 이상에 반응한다. 그것은 가피원인을 제거하려는 노력을 하지 않는다. 결과적으로 공정에서 관리도가 통계적 공정관리에 대응해서 관리행위는 엔지니어링 기술에 기초하여 사용된다면 피드백 관리는 실제적인 개선에 사용된다. 어떤 사람들은 SPC 알고리즘으로 달성할 수 있는 공정 관리를 위하여 EPC와 SPC 두 개의 시스템을 사용 할 것이다. 관리도는 목표와 관리 변동의 차이로 나타내는 관리오차나 조절변동에 의한 연속적 조절을 모두 적용해야한다. 관리 이탈 점은 관리오차가 크거나 기존 조절변동을 크게 변경해야 할 경우에 확인 시기이다. 이 시기가 가피 원인을 발견하는 좋은 시기이다.

몽고메리(Montgomery)는 엔지니어링공정관리와 통계적 관리의 통합의 효과를 논증하였다[7].

3. MMSE컨트롤러모형

EPC의 적용을 통하여 공정조절되는 공정의 단순한 예가 Box(1991~1992)에 의해 논의하였다[2][4]. 우선 t 시간에 공정품질 특성을 Y_t 로 가하자. 그것은 목표 T 에 접근 되도록 Y_t 를 유지하도록 한다.

이런 공정은 조절변동 x 를 갖는다. 그리고 x 에서 변화가 그 시기 내에서 y 에 관한 효과 모두를 생산한다.

$$\text{즉 } Y_{t+1} - T = g x_t \quad (1)$$

g 는 상수로서 공정 이득 이다. 그 계인은 회귀계수와 같다. 그것은 x_t 의 변화의 크기에서 y_t 의 변화크기와 관계가 된다. 만약 조절을 하지 않는다면 목표로부터 공정 변화방향은

$$y_{t+1} - T = N_{t+1} \quad (2)$$

여기서 N_{t+1} 은 가피원인이다. 등식의 가피원인은 시계열모형 모형으로 표현된다. 자주, 통합회귀 이동평균 모형 (ARIMA)로 나타내기도 하는데 이모형은 관리되지 않은 품질 특성이 자기상관관계에 있기 때문이다. 이러한 가피원인은 EWMA를 사용함으로 추정한다.

$$\begin{aligned} \hat{N}_{t+1} &= \hat{N}_t + \lambda (N_t - \hat{N}_t) \\ &= \hat{N}_t + \lambda e_t \end{aligned} \quad (3)$$

여기서 $e_t = N_t - \hat{N}_t$ 는 t 시기에 예측 오차이다. $0 < \lambda < 1$ 은 EWMA 가중치이다. 이러한 가정은 관리되지 않은 공정이 통합이동평균모형으로 변화되는 것이다. 모수 $\theta = 1 - \lambda$ 이다. 시간 t 에서 조절된 공정은

$$y_{t+1} - T = N_{t+1} + g x_t \quad (4)$$

이 등식은 $t+1$ 시간에 목표와 품질특성간에 편차가 $t+1$ 시간에 이상상태에 t 시기에 조절 변동 X_t 를 더한 것이다. 명확히 x_t 에서 이상 상태가 없어진다. N_{t+1} 은 t 시기에 알려져 있지 않기 때문에 이렇게 할 수 없다. 위에 공식을 이용함으로 \hat{N}_{t+1} 로 N_{t+1} 을 예측한다.

$$\begin{aligned} \text{공정조절은} \\ x_t - x_{t-1} &= -\lambda/g (y_t - T) \quad (5) \\ &= -\lambda \times e_t/g \end{aligned}$$

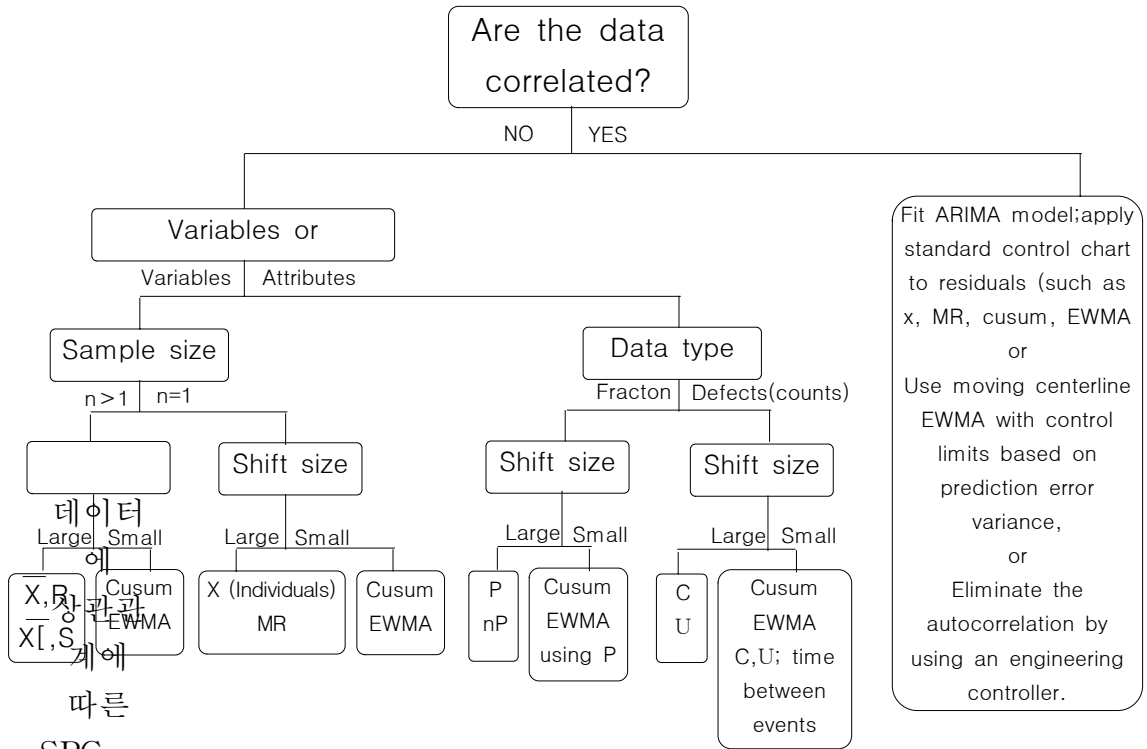
t 시간에 조절변동 e_t 는 t 시간까지 모든 조절의 합이다. t 시간까지 조절변동을 맞추어 놓으므로 t 시간동안의 조절 모두를 합한다. 또는

$$x_t = \sum_{j=1}^t (x_j - x_{j-1}) = -\lambda/g \sum_{j=1}^t e_j \quad (6)$$

4. SPC에서 관련이론

그림[1]은 EPC와 관련성을 명확히 하기위하여 SPC와 연계하려는 차원에서 데이터에 상관관계에 따른 SPC를 나타낸 그림이다. 이 그림은 상관관계 가있는 데이터와 상관관계가 없는 데이터로 공정조절을 위한 관리도 사용지침이다. 상관관계 데이터 플로 차트는 샘플의 크기가 $n=1$ 이라고 가정한다. 자기상관 데이터 타점의 옵션 중에 하나는 엔지니어링 통제기를 사용함으로 자기상관관계가 있는 데이터를 제거한다. 이 옵션

선은 품질특성을 목표대로 계속 유지 할 수 있고, 초기에 품질특성 변동조절 장치를 만들고, 조절 할 수 있는 초기품질특성변동과 관계가 있는 품질특성 관리 산업 공정에 자주 존재한다. 이러한 경우 품질특성을 목표대로 유지하기 위하여 품질특성에 자기상관관계 데이터를 제거하거나 크게 감소 시켜야한다.



<그림 1> 데이터에 상관관계에 따른 SPC

<그림 1>은 어떤 상황의 다양한 절차가 공정관리에 유용한 것을 요약한 것이다. 왼쪽 축에서 슈하트 관리도는 큰 샘플링 간격이 자기상관관계 영향을 부정하기 때문에 적당히 선택되고, 샘플증가의 간격을 발견할 수 있다. 더 적게 얻은 샘플 간격으로 자기상관관계가 더욱 중요한 역할을 하여 ARIMA 또는 EWMA로 접근을 시도한다.

오른쪽 축에서 공정조절의 증가비용을 발견할 수 있다. 공정관리를 위한 슈하트 관리도를 적용한다. 한편 공정비용이 낮다면 EPC 시스템을 적용한다. 마지막으로 수평의 축은 랜덤 원인에 의한 변동이나 평균에서 무의미하게 지배되는 어떤 움직임에 의한 변동이 보인다. 이때는 슈하트 관리도가 더 적당하게 된다. 그러나 평균의 움직임이 랜덤 노이즈와 큰 관계가 있다면 다시 ARIMA 또는 EWMA 타입의 절차 또는 엔지니어링 관리를 도입한다[1].

5. EPC 모형과 SPC의 관련성

5.1. SPC와 EPC의 접촉

변동의 감소는 모든 산업에서 수행되는 공정개선에 중요한 부분이다. 통계적 공정관리는 가피원인을 발견하기 위한 관리도의 능력을 통하여 변동을 감소시키는 효과적인 도구이다.

가피원인이 제거 될 때, 공정변동이 제거되고, 공정수행이 개선된다. SPC는 불연속 부품제조에 성공적으로 사용되었다. 이런 경우가 화학과 공정 산업에서 발견되었고, 다른 접근에서 변동의 감소를 위해서 사용되었다. 이런 접근은 공정 조절과 통제에 기초한 것이며 어떤 조절 가능한 공정변동은 목표(같거나, 목표 주위에 품질특성 변동을 최소화한다.)에 관한 공정 품질특성을 유지할 목적으로 조절된다. 이러한 공정조절과 통제기술은 EPC로 알려져 있다. 공정, 조절의 종류는 피드백 또는 피드포워드 관리 등 종류가 많다[5].

SPC는 통계적으로 관리되는 공정에서만 적용되는 것은 아니다. 통계적 관리에 의하여 목표 주변에 안정된 무작위 변동만 관찰하는 것을 의미한다. SPC는 계속 진행되는 조절 없이 머무는 경향이 있다. 가피원인을 확실히 제거한다면 운영자와 원료의 변동에 기인한 차이로 관리상태 얻기 위한 가능성이 있다. 어떤 산업에 조절장치, 최선의 노력임에도 불구하고, 공정은 목표로부터 표류한다. 이것은 원료의 투입, 온도의 효과 등 또는 공정의 영향에 잘 알려져 있지 않은 세력에 전적으로 기인할 수도 있는 것 등 계속되는 변동과 같은 현상 때문에 발생할 수도 있다. 이 때, 우리는 EPC모형과 SPC의 관련성을 위하여 어떤 상황의 다양한 절차가 공정관리에 유용한 것을 요약 한 것이다. 외측 축에서 슈하트 관리도는 큰 샘플링 간격이 자기상관관계 영향을 부정하기 때문에 적당히 선택되고, 샘플증가의 간격을 발견할 수 있다. 더 적게 얻은 샘플 간격으로 자기상관관계가 더욱 중요한 역할을 하여 ARIMA 또는 EWMA 로 접근을 시도한다[1].

오른쪽 축에서 공정조절의 증가비용을 발견 할 수 있다. 공정관리를 위한 슈하트 관리도를 적용한다. 한편 공정비용이 낮다면 EPC 시스템을 적용한다.

6. 결론

EPC의 배경과 알고리즘이 고찰되었다. EPC에서 컨트롤러의 산업의 표준이 되는 MMSE컨트롤러의 모형이 제시되었다. 이러한 EPC 모형과 SPC의 관련성의 변동으로 응용성을 고려한 SPC체계를 계량적인 측면과 계수적인 측면에 비중을 두어 보여 주었다. EPC모형과 SPC의 관련성을 제시하였다. 앞으로의 연구할 사항은 더욱 쉽고 편리한 컨트롤러의 개발이 요구된다.

7. 참 고 문 헌

- [1] 김종걸, 채호식(1988), CUSUM 관리도에 관한 조사연구, 성균관대학교 과학기술연구소 과학기술편, 제39집 No. 2.
- [2] 정해운, 정해두,(2005),SPC실무, 오산대학, 책
- [3] Box, G.E.P. (1991-1992). "Feedback Control by Manual Adjustment ," Quality Engineering, Vol.4.
- [4] BOX, G.E.P. and KRAMER, T. (1992), "Statistical Process Control and Feedback Adjustment - A Discussion", Technometrics 34, pp.251-285.
- [5] BOX, G.E.P. and LUCENO, A. (1994), "Selection of Sampling Interval and Action Limit for Discrete Feedback Adjustment", Technometrics 36, pp.369 -378.
- [6] Box, G. E. P.; Jenkins, G. M.; and Reinsel, G. M. (1994). Time Series Analysis: and Contr^ol, 3ed ed.
- [7] MONTGOMERY, D.C.; KEATS, J.B.;RUNGER, G.C.;and MESSINA, W.S. (1994), "Integrating Statistical Process Control and Engineering Process Control", Journal of Quality Technology 26, pp.79-87